RÁDIÓ— TECHNIKA ÉVKÖNYVE 2020

www.ret.hu
ret
elektronika
Telefon: (62) 554-600

anico
www.anico.hu
www.radioamatorwebshop.eu
STANDARD HORIZON YAESU Vertex Standard

INCOMP Electronics
Alkatrész kis- és nagykereskedelem
EXPORT - IMPORT
2120 Dunakeszi, Fő út 35. ☎ (27) 342-407
www.incomp.hu

Kontel Kft.
Elektronikai Alkatrész Nagykereskedés
Ellenállások, diódák, IC-k, kondenzátorok, alkatrésztárcsák, ónok, csatlakozók, LED-ek, stb. nagy választékban.
1043 Budapest, Munkásotthon u. 33-39
Telefon:+36 1370-3709, Fax:+36 1 370 3709
E-mail: info@kontel.hu, kontel@t-online.hu
Webáruház: www. kontel.hu

FÉLVEZETŐ TRIÓDÁK

SKK

RH-PA
2 x GK71

MŰSZERTÖRTÉNELEM

ELKEYS

9 770557 622000 20001

A RÁDIÓTECHNIKA ÉVKÖNYVE 2020

Szerkesztette:

Békei Ferenc főszerkesztő
okl. vill. üzemmérnök, HA5KU

Írták:

Balás B. Dénes technikus, HA8BDE

Békei Ferenc okl. vill. üzemmérnök, HA5KU

Csiszár János okl. villamosmérnök

dr. Fábián Tibor okl. villamosmérnök

Garad Ágoston egyetemi hallgató

Kőnig Imre villamosmérnök

Lambert Miklós okl. villamosmérnök

Lendvai Klára, HA5BA

dr. Madarász László okl. villamosmérnök

Nagy Gyula villamosmérnök, HA8ET

Nagymáté Csaba villamosmérnök

Pálinkás Tibor gépészmérnök

dr. Simoncsics László okl. villamosmérnök

dr. Sipos Mihály okl. villamosmérnök

dr. Tolnai János okl. hír.techn.-i szakmérnök, HA5LQ

Tartalomjegyzék

Előszó 3
A TELEFUNKEN Nauen-i adóállomása (1906–2000) 4
A „félvezető trióda" története 12
Szubjektív szakmai életrajztöredékek – Cs. J. 29
A R&S® SMA100B típ. mikrohullámú jelgenerátora 32
Műszertörténelem 34
Szubjektív szakmai életrajztöredékek – dr. T. J. 56
A Rádió Technikától a Rádiótechnikáig 60
„Rádiós" szerzők és munkáik 80
A LED-es világítás színhőmérséklet-változtatása 90
A fény hangjai 108
Hangkapcsolók 120
Technikatörténet – évszámokban 135
Kézi játékkonzol 142
A digitális CMOS áramkörök 2000 – 2020 között 150
A vezetékes rádió (1947–1965) 168
VLNA-144 szuper kis zajú előerősítő 176
Szubjektív szakmai életrajztöredékek – N. Gy. 183
Gyorsbillentyűk 186
Rádióamatőr készülékek, antennák 197
CQ de HA... CQ de HG... 2019 210
Sok kis kapcsolás 212
2021-es akciós Rádiótechnika évkönyvrendelés 223
Hirdetések 224

© **A könyvvel kapcsolatos minden jog fenntartva!**
A könyvben szereplő cikkek, ábrák, illusztrációk, ill. azok részei szerzői jogi védelem alatt állnak. Azokat részben, vagy egészben, bármilyen módon reprodukálni, adatrögzítő rendszerekben rögzíteni és/vagy tárolni, nyilvánosságra hozni (az iskolai oktatásban történő felhasználás kivételével) a kiadó egyértelmű engedélye nélkül tilos!

Kiadja:
a Rádióvilág Kft.
A kiadásért felel: Békei Ferenc ügyvezető igazgató

Tördelés és nyomdai előkészítés: TypoMix Kft.
Felelős vezető: Bohner Ferenc

Nyomás: AduPrint Kft., Budapest, 2019 www.aduprint.hu
Felelős vezető: Tóth Éva ügyvezető igazgató

HU–ISSN 0557–6229

Előszó

Folyóiratunk évkönyveinek immáron LIII. kötetét nyújthatjuk át a kedves Olvasónak. Ez alkalommal is a jól bevált tartalmi összeállítást követjük: a rádió adás-vétel technika, a hangtechnika, a műszer- és méréstechnika, az ipari és az általános elektronika területéről közlünk elméleti-történeti, illetve gyakorlati jellegű írásokat.

Évkönyvünk indító cikkében *Balás B. Dénes* (HA8BDE) szerző urunk Európa egykor híresen nagy adóállomásának, Nauennek a történetét ismerteti. Ezen kötetünk további hat szerzője – *Csiszár, dr. Fábián, dr. Madarász, Pálinkás, dr. Simoncsics* és *dr. Tolnai* mérnök urak – is szakmatörténeti témát dolgozott fel írásában. Örömmel nyugtázhatjuk, hogy kiadványunkban az ifjúság is jelentkezik publikációval. *Garad Ágoston* BME-s egyetemi hallgató a „Kézi játékkonzol" c. írásában bemutatott szerkezetének készülékházát is „természetesen" maga nyomtatta 3D-s printerével. – Ágoston, csak így tovább! Évkönyvünk rádióamatőr rovatában újra jelentkezik régi törzs-szerzőnk, *Nagy Gyula* (HA8ET) mérnök úr. A kiváló műszaki jellemzőkkel bíró VLNA készülékcsalád 2 m-es tagját mutatja be, a tőle megszokott precíz leírásban.

Kiadványunk több cikkének ábraanyagát a www.radiovilag.hu honlapunkon –, ezen évkönyvünk tartalomjegyzékénél –, letölthetővé tettük a nagyobb méretben való jobb tanulmányozhatóság érdekében.

Kedves Olvasóink! A Rádiótechnika legújabb kötetének széles témaválasztékához kíván kellemesen hasznos évkönyvlapozgatást

A szerkesztőség

»Árfelezős előfizető« akciónk 2020-ra! RÁDIÓTECHNIKA

A 2020-ra szóló »ÁRFELEZŐS ELŐFIZETŐ« akciónkban Ön dönt, melyik kedvezményes lehetőséggel él!

1. LEHETŐSÉG: RÁDIÓTECHNIKA éves előfizetési díj **17.400 Ft** (12 x 1450 Ft), és **1950 Ft árkedvezménnyel,** 3000 Ft + postaköltségért küldünk majd Önnek 1 db 2021-es RT évkönyvet, 2020 novemberében.

2. LEHETŐSÉG: RÁDIÓTECHNIKA éves előfizetési díj **14.500 Ft,** a normál 17.400 Ft helyett, azaz csak **10 db lap** árát kell kifizetnie.

Az »Árfelezős előfizető« akcióban most is lehetősége van vagy **egyösszegben,** vagy **2 részletben** befizetni bármelyik fenti előfizetési díjat.

Rendeljen és küldjük a csekket! A csekket kérjük **OLVASHATÓAN** kitölteni!
Kérjük, jelezze, ha számlát is kér az előfizetésről.
Banki átutalásnál a „Közlemény" rovatban kérjük megadni a nevet, a postázási címet és az „RT előfiz. 2020"-at.

Az előfizetési díjat 2019. december 15.-ig kérjük befizetni!

Tel./fax: 239-4932, 239-4933 1550 Budapest, Pf.123 www.radiovilag.hu jcsiszar@radiovilag.hu 42

A RÁDIÓTECHNIKA ára árusításban a 2020/1. számtól 1750 Ft lesz.

A TELEFUNKEN Nauen-i adóállomása (1906-2000)

Balás B. Dénes távközlési technikus, HA8BDE

A huszadik század elején – néhány mérnökének tanulmányútját követően – a Magyar királyi Posta Németországból rendelte meg a rádiótávíró berendezéseket. A nagyteljesítményű berendezések szállítására a legnagyobb cég, a Telefunken kapta a megrendeléseket. A rádiótávközlés kezdeti időszakában Braun, Arco *és* Slaby *nevével „fémjelzett" német rádiótechnika a magyar mérnökök számára mintaként, referenciaként szolgált.*

A Telefunken cég Berlintől nyugatra fekvő Nauen-i nagyállomása, a húszas évekre, olyan hírnevet szerzett Magyarországon, hogy a világ egyik legnagyobb és legjelentősebb rádióállomásának tartották. (Tették ezt többek között azért, mert az angliai, amerikai és francia állomásokról nagyon kevés információ érkezett Magyarországra.) Nauen fényképei megjelentek a Magyar Rádió Újság 1924 augusztusi számaiban és *Paskay, Molnár, Laszgallner:* A Rádió kincsestára c. könyvében. *Mende Jenő* is sok helyen hivatkozott rá „A drótnélküli telegráfia" című tanulmányában.

A *Herman Muthesius* által tervezett épület, a felette álló antennatornyokkal és Georg von Arco gróf képével, nemcsak Nauen, hanem a Telefunken cég és vele a német rádiózás jelképévé váltak. Bevallom, hogy magam is a sok korabeli közlemény, fénykép és rajz hatására lettem kíváncsi arra, hogy milyen volt valójában a Naueni rádióállomás. Nem volt könnyű dolgom a korabeli szerzők sokszor lelkendező és egymásnak ellentmondó leírásából kihámozni a lényeget és a valóságot. Nem merem kijelenteni azt, hogy sikerült, inkább azt állítom: ennyit tudtam kideríteni.

A Telefunken alapítása

A XX. század elején a kísérletező vállalkozók által készített szikratávírókat önálló rendszernek tekintették és a feltaláló nevével jellemezték. Így létezett *Marconi-, Braun-Siemens-, Slaby-Arco-, De Forest*-rendszer stb. A Braun-rendszer elterjesztését a Siemens érdekeltségen belül egy korlátolt felelősségű társaság végezte, „Professor Braun's Telegraphie G.m.b.H." néven. Slabyék viszont az *Emil Rathenau* által alapított német AEG cégnek adták el találmányaikat.

A két német cég, az AEG és a Siemens-Halske versengése, a szabadalmi és egyéb jogviták a Leipzigi Birodalmi Bíróság elé kerültek, azonban II. Vilmos német császár személyesen avatkozott az ügybe és nyomást gyakorolt a felekre, hogy pereskedés helyett szövetkezzenek. Később, 1906-ban nyilvánosságra kerültek a császár szavai: *„Marconi mindig tovább megy előre, de a német feltalálók felfogásában az ellenoldalnak nincs szerepe. Végül addig kellett Siemenst és Rathenaut győzködni (esetleg a cégüket lefejezni), amíg egyezséget nem kötnek nekem."*

Ez a nagyhorderejű iparpolitikai lépés egy jelentős rádiócég, a „Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m.b.H." megalapításához vezetett. 1903. május 17-én Arco gróf és Ferdinand Braun, 52 birodalmi szabadalommal és jelentős tőkével egyesítették a Siemens-Halske és az AEG érdekeltségeket. Pár hónappal később Slaby bejegyeztette táviratcímként a „Telefunken" nevet, majd pár évvel később,1906-ban, a vállalat újjáalakult ezen a néven.

Ez a cég világhírű lett, felvette a versenyt a Marconi „birodalommal", másfél évtizeden keresztül a magyar Posta is főleg Telefunken berendezéseket alkalmazott a rádióállomásokon. 1912 végére a világ mintegy 3 000 szikratávíró állomásának 45%-a Telefunken gyártmányú volt, míg a többi 55%-on tíz cég, közöttük a listavezető Marconi osztozott.

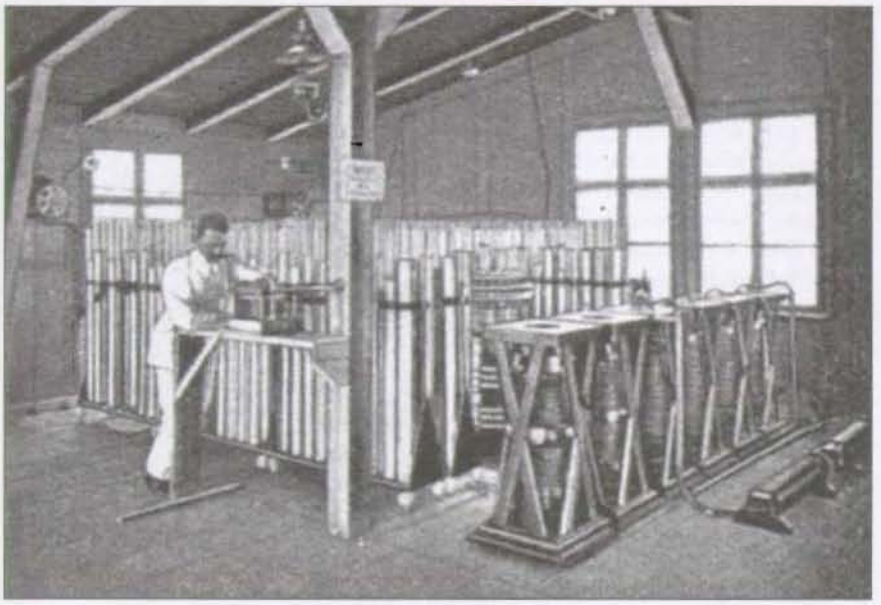
Arco mérnök – Slaby professzor asszisztenseként – korábban személyesen részt vett Marconi Flatholm-i kísérleteiben, és a világon az elsők között volt, aki tapasztalatokat szerzett a szikratávíróval.

Braun professzor ugyancsak az elsők között volt, bár ő nem került kapcsolatba Marconival, hanem saját kísérletei alapján jutott eredményekre, melyeket a Siemens-Halske cégnek adott át. A cégalapításkor már több jelentős szabadalommal rendelkezett, többek között ő találta ki azt az eljárást, hogy a szikrainduktorokat (majd később a nagyfeszültségű transzformátorokat) közvetlenül váltakozó árammal kell táplálni, így elhagyható a sok gondot okozó megszakító. Másik találmányában a szikraköz és az antenna közé induktív csatoló tekercseket alkalmazott, ezáltal az antennakörben csökkent a szikra rövidzáró hatása.

A Társaság tényleges tulajdonosai azonban a két nagycég, a Siemens-Halske és az AEG voltak.

Az állomás kezdeti időszaka

A Társaság laboratóriuma 1905 őszén R. Rendahl mérnök vezetésével egy kis kísérleti szikratávíró állomást üzemeltetett a Berlini Elektromos Művek Oberschöneweide-i épületének tetején,



1. kép

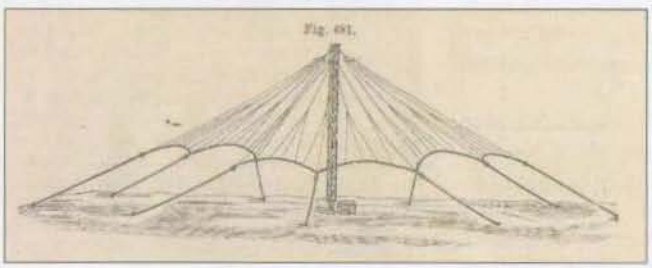
s az itt szerzett kedvező tapasztalatok alapján kezdték tervezni egy nagy, tengerentúli forgalomra alkalmas szikratávíró állomás építését.

Amikor a Társaság 1906-ban felvette a TELEFUNKEN cégnevet, egyidejűleg építkezésbe kezdett a Berlin melletti Nauenben, hogy egy nagyteljesítményű szikratávíró állomással megfeleljen a kor és a Marconi-cég diktálta kihívásoknak a távközlésben. Luchban, a Berlin-Wittemberg-Hamburg vasútvonal mentén, 4 km-re a Naueni vasútállomástól, feküdt a Stoltze-féle hitbizomány birtok, gyenge minőségű, haszonbérbe adott földekkel. Az építkezéshez szükséges, aránylag sík fekvésű 30 000–40 000 m² területet a Társaság olcsón megvásárolta, és az épülő szikratávíró állomás a közeli Nauen városka nevét vette fel.

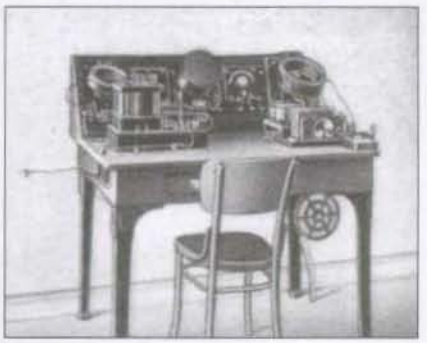
A Naueni szikratávíró állomás első berendezése egy barakkszerű épületben elhelyezett – Ferdinand Braun által fejlesztett – szikraadó volt, 10 kW antenna-teljesítménnyel. Az áramellátását úgy oldották meg, hogy széntüzelésű, 35 Le teljesítményű gőzgép hajtott egy 50 kW teljesítményű, 75 periódusú, 500 V-os váltóáramú generátort. A váltóáram hat nagyfeszültségű transzformátort gerjesztett, ezek 360 darab Leydeni-palackra dolgoztak **(1. kép)**. A másfél méter magas Leydeni-palackok összekapcsolásával 150 kV feszültséget állítottak elő, és adáskor karvastagságnyi szikra repült a levegőben.

Az ernyőantennát 400 m szélesre feszítették, az ernyő közepét 100 m magas rácsos szerkezetű vastorony tartotta. A tornyot a Hein, Lechman et Co. AG gyártotta és építette, a későbbi tornyokat is ezzel a céggel készíttették el. A torony háromszög keresztmetszete takarékos ötlet volt, kisebb szélellenállást és kevesebb feszítő kötelet jelentett. A „kötelek" még tömör köracélból készültek, csak később került sor a mai párhuzamos elemi szálakból álló, fonott drótkötelek használatára. A kötélszigetelők fából készültek, a földközeliek olajos itatással. A vizenyős altalaj miatt a torony alá csuklószerkezetet szereltek, és azt márvány tuskókkal szigetelték az alaptól. Az ernyő mintegy 60 000 m² területet fedett be.

Az első próbánál, 1906. augusztus 19-én, a 400 km-re fekvő Norddeich-i Telefunken állomással létesítettek sikeres kapcsolatot, majd az 1300 km-re lévő Szentpétervár is kiválóan elérhető volt. Ezzel az első berendezéssel 1700 km-es körben tudtak



2. kép



3. kép

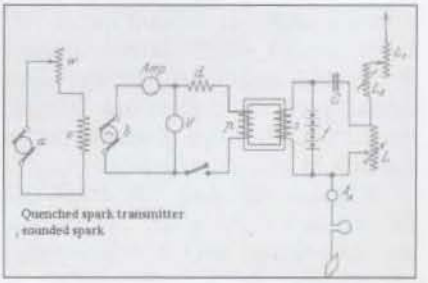
táviratot váltani az ellenállomásokkal.

Ebben az időben a táviratok vétele még a rádióállomáson történt, nem volt különválasztva az adó- és a vevőszolgálat. Ez azzal a hátránnyal járt, hogy egyszerre csak az egyik szolgálat működhetett, mert csak egy antennájuk volt és a szikraadó rendkívül zavarta a vevőkészüléket. A vevőkészülékek detektoros rendszerűek voltak **(3. kép)**.

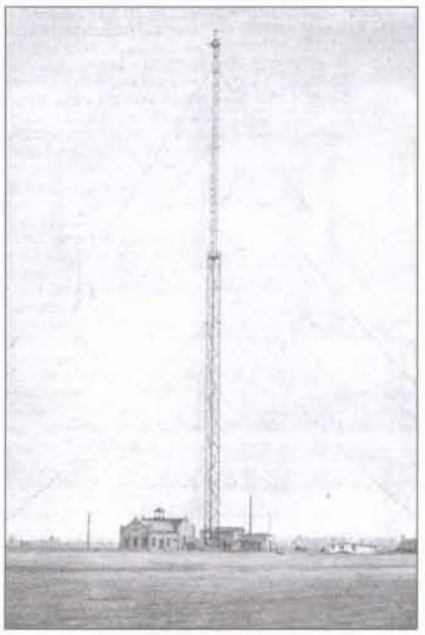
Az állomás első bővítése

A berendezéseket szinte évről évre fejlesztették, a Társaság valamennyi találmányát az állomáson kipróbálták. A Telefunken mérnökök (*Max Wien* tanár ötletéből) 1907-ben alkották meg az ún. „zenei hangzású kioltott szikraközű" adót **(4. kép)**, melyből először 1908-ban 50-60 kW-os áramforrással ellátott berendezést telepítettek Nauenben. Ez kb. 15-20 kW antennateljesítményt adhatott és a hatótávolság közel duplájára nőtt.

1909 és 1911 között a Telefunken újabb fejlesztést végeztetett Nauenban. A továbbfejlesztett zenei hangzású oltott-szikrás adóberendezést az állomáson 35 kW teljesítménnyel valósították meg. Az ernyőantenna hatásos magasságát átalakítással növelték: 12 db 30 m magas segédárbóccal megemelték az ernyő szélét. Az áramellátás még mindig a lokomobillal történt úgy, hogy egyenáramú generátor töltött akkumulátortelepet és az akkumulá-



4. kép



5. kép

tortelep látta el az 500 V-os váltóáramú generátorok egyenáramú hajtását. Az akkumulátortelepre az üzembiztonság növelése miatt volt szükség, a gyakran leálló lokomobil üzemszüneteit lehetett vele áthidalni. A hatótávolság 3000 km-re növekedett. (A „Die Geschichte des Sprechfunkes in Nauen" című internet cikk szerint az 1908-ban létesített berendezés jeleit egy hajó 3600 km távolságról, Tenerife közelében vette.)

Az afrikai német gyarmatokkal történő levelezés meggyorsítására, a Togo-i rádióállomással létesítendő kapcsolathoz az állomás teljesítményének további növelésére volt szükség. 1911-ben a 100 m-es antennatoronyra egy további 100 m-es könnyebb szerkezetű tornyot emeltek, ezzel az antennatartót összesen 200 m magasra növelték **(5. kép)**, és az ernyőt 600 m átmérőjűre tervezték át. Az ernyő alatt 120 000 m^2-en alakítottak ki földelő hálózatot, és egy 100 kW antennateljesítményű oltott-szikrás adót építettek. A korabeli ismertetések szerint a felső torony ún. csőárbóc volt, amit úgy kell érteni, hogy a rácsos szerkezet csődarabokból volt kialakítva. (A Telefunkennél dolgozó R. Rendahl mérnöknek volt egy ilyen szabadalma, elképzelhetőnek tartjuk, hogy lényegében egy Rendahl-tornyot építettek rá az alsó toronyra.)

A kioltott szikrákat 150 darab sorba kapcsolt szikraköz biztosította. Az áram-forrás 300 kW teljesítményt szolgáltatott és a hatótávolság 4-5000 km-re terjedt.

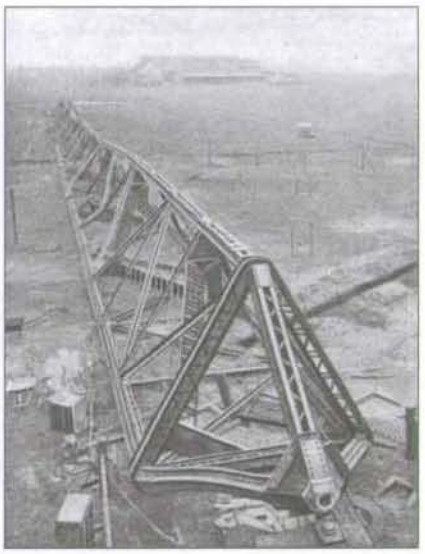
1912. március 30-án egy hatalmas vihar ezt az antennát elpusztította. A felső torony közepén (150 m-nél) az egyik házilag egyengetett cső megrogygyant, és a felső torony eltépve az 50 mm vastag köracél merevítőkötelet az alsó torony mellé zuhant. Az alsó torony még nyolc percig tartotta magát, majd kikötés és stabilitás hiányában ez is elfeküdt. Szerencsére sem épületben, sem emberéletben nem esett kár **(6. kép)**.

A 200 m magas torony ideiglenes pótlására két 120 m magas csőárbocot (Rendahl-tornyokat) állítottak fel. A felállítás akkor merésznek tartott technológiával történt: a földön készre szerelt tornyot egy 40 m-es segédtorony segítségével, egyben emelték függőleges helyzetbe.

Mint említettük a Telefunkennél dolgozott Rendahl mérnök, akinek ez a csőárboc vagy más néven Rendahl-torony a találmánya volt. Az árboc 2,5 m-es Mannesmann csövekből volt összeépítve háromszög keresztmetszetű toronynak. Két évvel később, 1914 szeptemberében Magyarországon, a csepel-szigeti rádió-állomáson ugyanilyen tornyot állítottak fel, egy hasonló, 40 m-es segédtorony alkalmazásával. Itt már kizárólag Rendahl-toronyként emlegették. Ausztriában a Deutsch-Altenburg-i katonai rádióállomáson szintén alkalmaztak egy Rendahl-tornyot.

A lezuhant 200 m-es torony helyett 1912 végén egy 260 m magas új torony építésébe kezdtek. Ez a torony 160 m-es, erősebb alsó és 100 m-es vékonyabb, felső részből állt. A két toronyrész között csuklószerkezetet építettek be, és mindkét toronyrész két-két kötél-rendszerrel lett kifeszítve. A kötelek most már „igaziak", párhuzamos acélszálakból a helyszínen fonták azokat házilag készült segédeszköz, egy sablon alkalmazásával. Ugyanekkor sikerült megoldani a porcelánszigetelők gyártását, úgy a talp-, mint a kötélszigetelőket porcelánból készítették. A 260 m-es árbóc szerelése szokásosan történt, először a három alsó ferde szárat szerelték, majd egy építőállvány segítségével a szerkezetet felállították és összekapcsolták.

A szerelés 1912-1913 telén öt hónap alatt készült el. A torony súlya 360 tonna, a szélnyomás miatt 800 tonna terhelés hárult az alapra. A kötélnyomás további 83 tonnát jelentett. A kötelek átmérője 65 mm volt. Az új toronyra szerelt antennával a hatótávolság 5000-

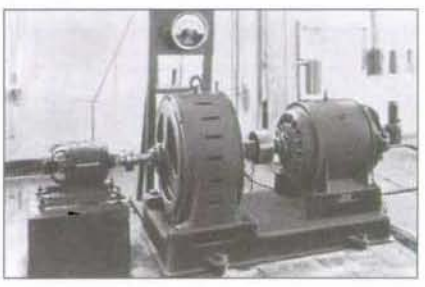


6. kép

6000 km-re nőtt. Ezzel a berendezéssel a rekord 6400 km-re az Arlington-i rádióállomás lett, de ezt a távolságot rendszeresen nem tudták elérni.

Az állomás ekkor csatlakozott a Spandaui Elektromos Művek erősáramú hálózatához, annak brandenburgi körvezetékén. Az épületek bővültek egy új gépteremmel, abban egy kapcsolókamrával a 15 kV-os hálózati forgóáram (váltóáram) részére. A hálózati áramot a telekhatártól, mintegy 400 m hosszon, kábelen vezették be.

A transzformálás utáni 130 V váltóáramot két készlet egytestű forgóátalakító, ún. umformer 220 V egyenáramra alakította át. Az egész berendezés 300-350 kW teljesítményt szolgáltatott. Egy másik umformer 300 lóerős egyenáramú motorral és 250 kVA teljesítményű, 475 periódusú és 1000 V feszültségű generátorral közvetlenül az oltottszikrás adó részére szolgáltatott energiát. Egy következő teremben a 475 periódusú 1000 V-os váltóáramot transzformálták 75 000-100 000 V-ra. A Leydeni-palackok helyett már olajkondenzátorokat alkalmaztak, a 150 darab szikraközből általában 75 üzemelt, a többi tartalék volt. A hullámhosszat



7. kép

3000 és 7000 m között lehetett változtatni. A méréseket *Dr. Meissner* és *Rosenbaum* mérnökök végezték.

Ebben az időszakban a Telefunken egy új, Arco-rendszerű, nagyfrekvenciás gépadóval kísérletezett. A Telefunken gépadó abban tért el a többi (Alexanderson-, vagy Goldschmidth-rendszerű) gépadóktól, hogy 6-10 000 Hz-es generátort használt **(7. kép)**, melynek frekvenciáját frekvencia-transzformátorokkal négyszerezték. A kisteljesítményű, 2 kW-os berendezéssel drótnélküli telefónia átviteli kísérleteket is végeztek.

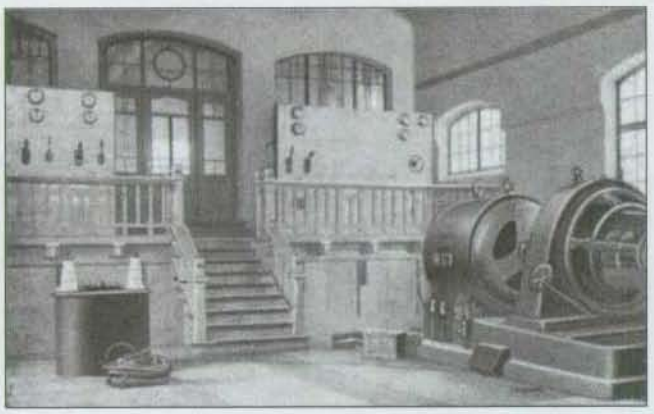
A berendezést 1912-ben bemutatták Londonban, majd 1913-ban New Yorkban. Egy 6 kW antennateljesítményű gépadóval 1913 júniusában, jó beszéd-érthetőséget értek el a 600 km távolságra lévő Bécsi állomással. Arco gróf szabadalma szerint a második frekvenciakétszerező transzformátor egyenáramú mágnesező körébe jutatták a beszédáramokat, így modulálták a gépadót.

1913. július 12-én az egyik kis gépadóval táviratot küldtek Sayville-ba, 6400 km távolságra Nauentől. Ez a kísérlet vezetett oda, hogy a Telefunken Nauenban felállítson egy nagy gépadót mintegy 100 kW antennateljesítménnyel.

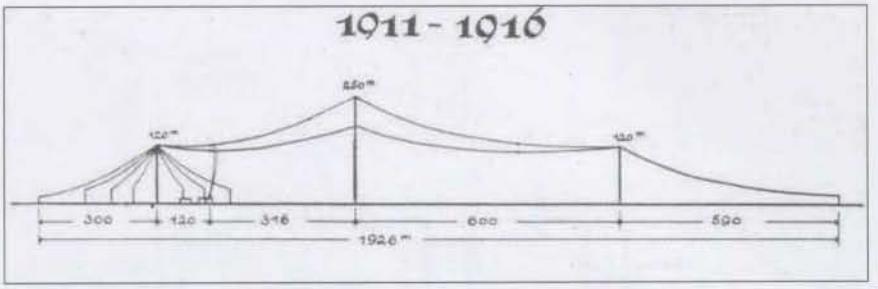
Nauen az I. világháborúban

A katonai és általános jelentősége miatt a nagy naueni rádiótávíró állomást az 1914. július 31-ei mozgósításkor a katonaság lefoglalta, és besorolták a tengerészeti vezérkar (Admiralitás) alárendeltségébe. Feladatai a következők lettek, összeköttetés:

– a német Togo gyarmattal,
– német Dél-Nyugat Afrikával,
– német Kelet-Afrikával,



8. kép



9. kép

– kapcsolat tengeri hajókkal és
– összeköttetés amerikával.

Tehát Nauen tartotta a kapcsolatot Windhukkal, Muanzával, Taboraval, valamint parancsokat továbbított a távoli tengereken úszó felszíni hajóknak. A tengereken tartózkodó tengeralattjáróknak is a naueni nagyállomás külön szolgálata közvetítette a parancsokat, híreket és egyéb közleményeket, melyek a tengeralattjáró-háború vezetéséhez nélkülözhetetlenek voltak. Ezek a hírközlemények az oltottszikrás adóval naponta meghatározott (és a tengeralattjárók által ismert) időben kerültek leadásra, hogy a tengeralattjárók a hírvételhez a kellő időben felmerülhessenek.

1915. június 7-én az új 100 kW-os Arco-gépadó állt üzembe, és a háború alatt naponta 20 órát dolgozott üzemzavar nélkül. Forgógépeit abban a gépteremben állították fel, ahol az oltottszikrás adók gépei is voltak **(8. kép)**. A frekvenciagenerátor teljesítménye 150 kVA, frekvenciája 8000 periódus volt, hajtását forgóáramú motor végezte.

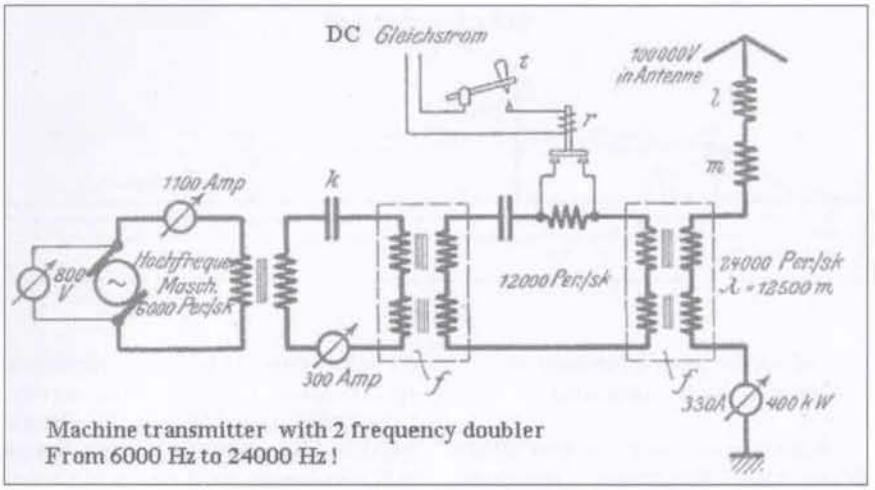
1917 januárjában az Admiralitás intézkedésére Nauenban egy időjeladó berendezést szereltek fel, mely azután naponta kétszer az oltottszikrás-adóval időjelet adott. Ez az időjel lehetővé tette minden hajón a kronométerek ellenőrzését, illetve pontos beállítását.

Még békében a Birodalmi Tengerészeti Hivatal norddeichi rádiótávíró állomása naponta kétszer sugárzott sajtószolgálati közleményeket. Ezt a sajtószolgálatot a háború kezdetétől Nauen vette át, ezzel a sajtószolgálat hatósugara lényegesen bővült. Az ellenséges rádiótávíró állomások (pl. Poldhu, Coltano, Eiffel-torony, Lyon stb.) közleményeinek ellensúlyozására Németország számára fontos volt a közlemények jó vételét Nauenből biztosítani.

A két 100 kW-os adóval a naueni állomás összteljesítménye 1915-ben elérte a 200 kW-ot, legnagyobb hatótávolsága pedig 8300 km-re terjedt. Állandó kapcsolatot tartott az USA-ban, a Sayville-i Telefunken-adóval. Az antennarendszert úgy alakították át, hogy mindkét adót kiszolgálja. A nagy toronyra és a két 120 m-es toronyra 1900 m hosszon fektettek végig egy antennát és az egyik 120 m-es torony körül megmaradt az ernyőantenna is **(9. kép)**. 1916-ra mindezek a bővítések 11 000 km-re növelték az állomás hatókörzetét, és kapcsolatot biztosítottak például olyan állomások felé, mint Buenos Aires vagy Manila.

Sayville és Nauen kapcsolata

A Telefunken cég, szövetkezve az amerikai Atlantic Communication Co.-nel New York közelében (Long Islandon) 1912-ben kezdett egy rádióállomás építésébe. Sayville városka nyugati részén, ahol a közelben az amerikai cég egy nagy, parti-állomást üzemeltetett. Az új állomásnak a tervek szerint, az Atlanti-óceánon át Nauennel kellett kapcsolatot tartania. Az állomás felszerelését az a *Van der Woude* mérnök vezette, aki az első nagy oltottszikrás adót építette Nauenban. A Sayville-i állomás első berendezése is egy nagyteljesítményű oltottszikrás adó lett, mely 480 láb (146 m) magas toronyra feszített antennára dolgozott. Később, 1915 tavaszán az állomást kiegészítették egy 100 kW antennateljesítményű Telefunken-Arco rendszerű gépadóval és egy újabb 150 m-es toronnyal. Európával ez a gépadó tartotta a kapcsolatot. Az adó frekvenciagenerátora 9613 Hz-et adott, amit a frekvencia-transzformátorok 38 452 ciklusra növeltek.



10. kép

Ez 7802 m-es hullámhossznak felel meg. A gépadó hatásfoka kb. 60% volt.

Az I. világháború kezdetekor a Marconi-társaság akciót indított az Egyesült Államokban, hogy az ottani Telefunken állomások üzemét szüntessék be. Braun professzor, a Telefunken képviseletében személyesen utazott az Államokba és sikerült is annyit elérnie, hogy az USA hadba lépéséig a Telefunken állomások tovább dolgozhattak. Az Egyesült Államok hadba lépése (1917 tavasza) után azonban a Sayville-i adóállomást leállították és ezzel a Telefunken hálózatból, mint közvetítő állomás kiesett.

A 400 kW-os gépadó és az új épület

A Telefunken akkori igazgatója *Hans Bredow*, a Sayville-i állomás bezárását követően kezdeményezte, hogy Nauenban egy még nagyobb berendezést állítsanak fel.

A Telefunken egyik vezetőjeként *K. Quack* úr így ir: „A tervek csúcsa lett előállítani egy gépadó berendezést 400 kW és egy másikat 150 kW antennateljesítményre, az eddigi ideiglenes felszerelés pótlására. Egy új épület felállítása is szükséges lesz, az eddigi oltott-szikrás adók üzemépülete mellett. Ezt az építkezést Muthesius titkos tanácsos úr vezeti. A nagy teljesítmény igényel továbbá egy megfelelő antennát 30 000 cm kapacitással és nagy hatásos magassággal. Az eddigi antenna használata alatt egy másik 260 m-es és két 120 m-es tornyot állítanak fel, az úgynevezett »A«-antenna részére. Ennek tetejébe szerelik a második adó »B«-antennáját, háromszög antenna formájában felállítva."

Az itt dolgozókat elismerés illeti a hihetetlen sok nehézség miatt, amit *Rabe* mérnök vezetése alatt leküzdöttek. Többek között úgy kellett az építési munkákat elvégezniük, hogy az adóüzemet ne zavarják. A mindvégig tartó munkaerő- és anyaghiány akadályozta a szabályos befejezést, és a költségek nagyon magasra emelkedtek.

Egy 400 kW-os antennateljesítményű ideiglenes adót szereltek össze a régi épület egy csarnokában és ez dolgozott az A-antennára 1918. február 1-től.

A megnövelt teljesítményű berendezés generátora 880 kW teljesítményű és 6000 periódusú gép volt. Mint a kapcsolási rajzból kitűnik **(10. kép)**, a billentyűzés a két frekvencia-transzformátor közötti billentyűző fojtótekercs rövidre zárásával, kb. 30-50 A áramerősség kapcsolgatásával történt. Később a billentyűzés a gerjesztő-körbe került. (Az egyszerűsített rajzon a gerjesztőkör nem szerepel.)

Az oltottszikrás adó pedig 1917. május 31-től a B-antennára dolgozott, egyidejűleg a nagyantenna építésével. Mialatt az építőmunkások készre szerelték az A-antennát, az üzemelés az előzőleg elkészült B-antennán történt.

A 400 kW-os adóval és a 2,4 km hosszú A-antennával 20 000 km lett a hatótávolsága a megnagyobbított Nauennak, és a Telefunken által 1912-ben Új-

11. kép

Zélandon létesített Awanu-i állomással 19 300 km-ről tartott kapcsolatot. Ez akkor világrekord volt a távolsági távírókapcsolatok területén. (Más források szerint ugyancsak Új-Zélandon egy De Forest rendszerű állomással volt kapcsolatban.)

Ettől kezdve Kínába, Mexikóba, Holland-Indiába stb. közvetíti rendszeresen az újságokat, híreket. A Sayville-i adó kiesésével megoldatlan maradt az amerikai irányból érkező táviratok közvetítése Németországba. Ezek továbbítására kiküldtek az Atlanti-óceánra egy nagy-teljesítményű adóberendezéssel felszerelt tengeralattjárót, az „U-Deutschland"-ot **(11. kép)**, de 1917 tavaszától Mexikóban is alapítottak egy Telefunken rádióállomást.

Nauen az I. világháború után

Az I. világháború után a hadsereg visszaadta magánkézbe a naueni rádióállomást, de nem a Telefunkennek, hanem az újonnan alakult Drahtlose Übersee-Verkehrs AG-nek, melyet röviden „Transradio"-nak hívtak. A kezdetektől az állomáson dolgozó *Hans Bredow* mérnök kapott megbízást az állomás rendbe hozására. *Hermann Muthesius* tervei alapján még 1917-ben megkezdték egy impozáns, nagyméretű adóház építését, a 2400 m hosszú antennarendszer közepe alá, ezt

12. kép

1918 végére (más források szerint csak 1920-ra) sikerült befejezni.

A új „Sender Gebaude" legnagyobb csarnokába került beépítésre a 12 000 m-es hullámhosszon, 25 kHz-en dolgozó 400 kW-os gépadó, valamint egy 150 kW-os gépadó **(12. kép)**. A gépadókat *Schmidth* mérnök újítása szerint korszerűsítették, ezzel hatásfoka 66%-ra növekedett. A hatalmas kereszt-csarnoknak az a része, ahol a generátorok álltak, darupályával lett kialakítva. A hossz- és kereszthajó középpontjában egy emelvényen rendezték be a kezelőpultot, ahonnan a kezelők mindent szemmel tarthattak. Ugyancsak a központi rész felett, a tetőből kiemelkedő négyzet alapú építményből futottak ki a tápvonalak az antennákhoz. A galéria részen – nagyszámú látogatóra tervezve – előadótermet és vetítőt alakítottak ki.

Az a mód, ahogyan az építész a régi géptermet és egyes épületrészeket belefoglalta az új, nagy épület-komplexumba **(13. kép)**, ahogy megvalósította az építkezést a közben mindvégig üzemelő állomáson, ahogy kialakította az impozáns, nagyformátumú épületet, minden tiszteletet megérdemel.

Az új antennarendszer

A 2400 m hosszú, tíz párhuzamos szálból feszített antennát középen két 260 m-es, a két vége felé pedig négy darab 120 m magas rácsos szerkezetű acéltorony tartotta. A tíz szálat külön-külön tíz vezeték táplálta az adóházból. A rendszer egy antennahangoló tekercsét mutatja a **14. kép**.

A keresztirányú B-antennát két 150 m-es és egy 134 m magas rácsos szerkezetű torony tartotta, utóbbin 130 m-es magasságban két 20 m-es (17 m-es) kereszttartó nyúlt ki oldalra. Volt még egy 30 m magas feszítőtorony közvetlenül az új állomásépület és a 134 m-es torony között. Ezen a tornyon csigák és függősúlyok segítségével minden szál feszítését biztosították a hőmérséklettől függetlenül.

A nagyteljesítményű berendezés 1920 után a tengerentúlra dolgozott, fő levelező partnere az Egyesült Államokban, New York közelében, az egyik Long Islandi állomás lett.

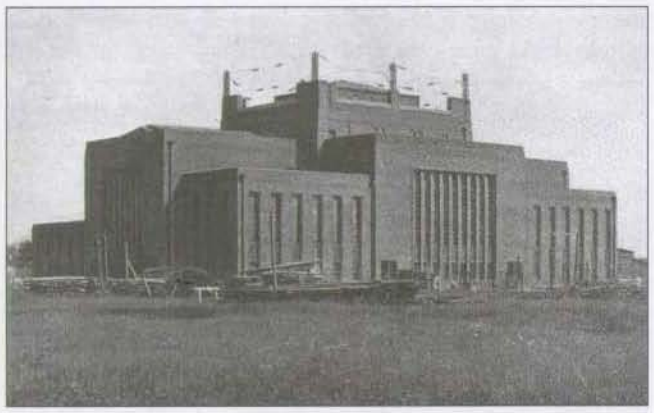
Rövidhullámú adók Nauenban

Miként másutt, úgy Nauenban is a húszas években megjelentek a rövidhullámú adók, és fokozatosan átvették a távíróforgalom egy részét a hosszúhullámú adóktól. A talált dokumentumok szerint legalább négy rövidhullámú adóberendezés dolgozott a naueni rádióállomáson: POF, POY, POW ls POX hívójelekkel. (Ebben az időben még minden adóberendezés saját hívójelet kapott. A felsoroltakon kívül AGA hívójellel a Transradio AG üzemeltetett egy rövidhullámú adót Argentinában.) A kiutalt üzemi frekvenciák az alábbiak voltak:

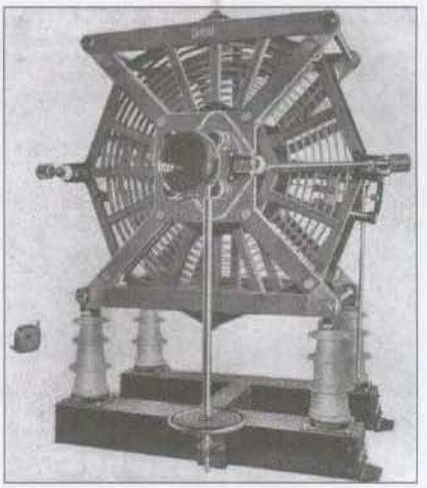
- POF 22 209, 18 738, 16 657, 14 991 kHz;
- POX 4 283, 2 998 kHz;
- POY 11 993 kHz;
- POW 10 708 kHz;
- AGA 11 532 kHz.

A Magyar Posta című szakfolyóirat 1928/3. számában *Dr. Havas Ferenc* számolt be Németországi tanulmányútjáról. Érdemes idézni:

„A rádiótávírás terén talán forradalomszerű átalakuláshoz vezethet a Nauenben is megtalálható adóberendezés, amely a főépülettől távolabb fekvő kis faházban van elhelyezve, s mely külsejére nézve az igénytelenségnek és az olcsóságnak a megtestesülése. Az új »Beam«-rendszerű, rövidhullámokkal dolgozó lámpaadó berendezésről van szó, mely akárcsak az óriás költségekkel megépített, s hosszúhullámokkal és gépadókkal, vagyis igen magas üzemköltséggel dolgozó naueni állomás, a legtávolabbi világrészekkel való levelezésre képes.



13. kép



14. kép

A »Beam«-rendszer antenna berendezése is végtelenül szerény és olcsó, mert aránylag kis dimenziójú antennák néhány fenyőszálra szerelhetők. A németek ez idő szerint ezzel a rendszerrel Buenos Airesszel, Rio de Janeiróval, a Jáva-szigeti Malabárral és legújabban a Fülöp-szigeti Manilával leveleznek.

Az alkalmazott hullámhosszak 15-90 m között, a felhasznált energiák pedig 10-20 kW között mozognak. Az eredmény akárcsak az angoloknál, akik ezen rendszeresen Indiával, Ausztráliával és Dél-Afrikával rendes nemzetközi forgalmat bonyolítanak le, a németeknél is igen jó."

1929. február 25-én megnyílt a Budapest – Buenos Aires közötti távbeszélő forgalom, mely Budapesttől Berlin-Nauenig kábelen, Nauentől Buenos Airesig rövidhullámon létesült.

1935-ben a naueni rövidhullámú berendezések egyikével sikerült közvetlen rádiótelefon kapcsolatot létrehozni Tokióval. Ugyancsak a 30-as évekre üzemszerűen megoldották a képtáviratok (állóképek) továbbítását, pl. hírügynökségek részére **(15. kép)**. Természetesen a több hullámhosszon egyidejűleg folyó adások nem tették lehetővé az állomáson a vevőszolgálat működését,

15. kép

16. kép

ezért egy másik telephelyen, Geltowban történt a választáviratok vétele.

A II. világháború megindulását követően a nemzetközi táviratforgalom (elsősorban az Egyesült Államokkal) lecsökkent, így Nauen más feladatokat is kapott. A rövidhullámú rádióadók a hadiflotta részére üzemeltek. Az állomás 1940-től kezdve rádióműsorokat is sugárzott, és Franciaország elfoglalásáig a 400 kW-os gépadó sugárzott parancsokat a német hadiflotta alámerült tengeralattjárói részére.

Nauen a II. világháború után

1945 áprilisában a Vörös Hadsereg lefoglalta a berendezéseket és katonái időnként veteményeskertnek használták a területet. A Kelet-Német Posta 1951-ben átvette az állomást és szisztematikusan egy rövidhullámú központot épített fel. 1958 és 1989 között itt 21 rövidhullámú adó üzemelt a kereskedelmi rádiótávközlés részére. (Ezt az adószámot nagyon soknak tartom. Véleményem szerint itt, mint a magyarországi Székesfehérvárott zavaróadók is voltak. – B. D.) Ténylegesen Nauenen keresztül folyt az NDK teljes rövidhullámú távközlése. A Berlini Főtávirdához tartoztak úgy a Postai ügyfelek, mint az ADN Hírügynökség, a Tengerészeti, a Meteorológiai Szolgálatok vagy a Külügyminisztérium.

1957-től sugározták a szomszédos épületből a „Deutscheer Demokratischer Rundfunk" adásait. 1959. október 15-én kezdte adásait a „Radio Berlin International" a DDR külföldrádiója.

1990 óta innen sugározza adásait a „Deutsche Welle", a Német Szövetségi Köztársaság külföld-szolgálata.

1997-ben négy darab új 500 kW-os rövidhullámú adót állítottak üzembe **(16. kép)**. Egy nagyteljesítményű, régi DDR-időkből való rövidhullámú adót tartalék üzemre hagytak meg, a világszerte ismert, régi forgó-antennával **(17. kép)**.

A német újraegyesítés után az összes adót és antennát – a rövidhullámú adás kivételével – leállították és lebontották, majd a Thomcast Communications 1995 és 1997 között négy forgó toronyból és négy 500 kilowattos adókból álló új rövidhullámú műsorszóró rendszert épített.

A Hermann Muthesius által épített impozáns adóépület ma műemléki védelem alatt áll, de látogatható **(18. kép)**.

Végül meg kell említenünk azt a tényt, hogy a korabeli szakirodalom, valamint a visszaemlékezések számos ellentmondó információt tartalmaznak, elsősorban a naueni rádióállomás teljesítményére vonatkozóan. Több szerző keveri a gépadók antennateljesítményét a frekvenciagenerátorok névleges teljesítményével, így a nagy gépadót egyaránt jellemzik 500 és 400 kW-tal.

Az 1913-as kezdeti Arco-gépadó kísérleteknél 6 kW-os és 2 kW-os gépadókról történik említés. Itt is bizonytalanságban hagyták a kutatót: elképzelhető, hogy ugyanazon gépadó távíró üzemben 6, telefon üzemben 2 kW teljesítményt nyújtott.

Az állomáson 1914-ben két darab 100 kW-os adó üzemelt, ezt egyes szerzők egy darab 200 kW-os adónak tulajdonítják.

Az első szikraadó adatait is kétféleképen lehet megtalálni: a magyar Mende Jenő négy szikrainduktorról és 120 kV nagyfeszültségről ír, míg a Telefunken Zeitung korabeli cikkírója 6 darab nagyfeszültség transzformátort és 150 kV-ot említ. Elképzelhető, hogy mindkettő igaz, a kezdeti négy transzformátort kibővítették hatra, ezzel a nagyfeszültség 120 kV-ról 150 kV-ra emelkedett.

Az általam említett adatokat a szakirodalom adatainak mérlegelése után választottam

17. kép

ki, abból a tényből kiindulva, hogy a frekvenciagenerátorok teljesítménye jóval nagyobb kellett legyen, mint az antennateljesítmény, mivel az Arco-féle gépadók hatásfoka mindössze 60-66% volt.

Irodalom:

Günther H.: A rádió diadalútja, Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., Bp., 1924.
Mende Jenő: A drótnélküli telegráfia, Dick Manó, Bp., 1921.
Quack K.: So ward Nauen, Telefunken Zeitung, Berlin, kb. 1924.
Schuchardt B.: Nauen im Kriege, Telefunken Zeitung, Berlin, kb. 1924.
Brackerbohm F.: Turmbau in Nauen, Telefunken Zeitung, Berlin, kb. 1924.
Muthesius H.: Architektonisches über die Grossstation Nauen, Telefunken Zeitung, Berlin, kb. 1924.
Sugár Gusztáv: Megszólal a rádió, Ajtósi Dürer Kiadó, Budapest, 1993.
Technikai Lexikon, Győző Andor kiadása, Budapest, 1928.

18. kép

Most akció a HAM-bazárban

Nov. 1. – dec. 21. között minden 20 eFt feletti vásárlás után ajándék jár.*

készülékek – modulok – kitek

Okos rádiós magnó (RRT 11B) – csak 10.990 Ft

- **digitalizálva mentse régi magnókazettáit MP3-ban pendrájvra v. SD memóriára**
- 11 sávos világvevő KH-FM-RH rádió • finomhangoló kettős forgatógomb
- kazettás magnó felvétel és auto-stop funkcióval • beépített mikrofon
- MP3/WMA lejátszás USB/SD eszközről
- minden elérhető jelforrás felvétele kazettára vagy USB/SD eszközre
- fejhallgató csatlakozó: 3,5 mm
- tápellátás: 230 V-ról, 4 x D/LR20 (1,5 V) elemről, külső 6 V adapterről (nem tartozék)
- méret/súly: 280 x 170 x 100 mm / 1,5 kg

Digi frekvencia- és telj.mérő (Gy561) – 15.990 Ft

- **Frekvencia- és RF teljesítménymérés**
- mérési tartomány: 1 MHz ... 2,4 GHz, ill. 0,1 W ... max. 50 W
- beépített 50 ohmos lezárás, folyamatosan rövid ideig terhelhető!
- botantenna és kábeles bemenet (sma dugós)
- tartozékok: botantenna, sma-anya – sma-anya kábel, sma-anya/BNC-dugó átalakító
- automatikus kikapcsolás
- tápellátás: 3 db AAA (mikro) elemről (nem tartozék)
- méret: 95 x 55 x 25 mm

Digitális frekvenciamérő (Gy560) – csak 8.990 Ft

- **frekvencia- és térerőmérés**
- rádiótesztelésre kiváló, csak teleszkópantennás bemenet
- mérési tartomány: 50 MHz ... 2,4 GHz
- 7 digites kijelzés • beállítható felbontás: 1 kHz vagy 0,1 kHz
- tápellátás: 9 V-os rádiótelepről (nem tartozék)
- méret: 95 x 55 x 21 mm

Repülő sávos vevő kit 7.990 Ft

Most hangszóróval és hallgatóval.

118...136 MHz-es AM-vevő. NE602, MC1350, LM358, LM358, LM386.

Házilag kell összeforrasztani. Készülékdoboz nélküli.

0-30 V stab. táp kit 3.990 Ft

Ube = 24 V AC, Iki = 0–3 A.

Házilag kell összeforrasztani. Készülékdoboz, hálózati transzformátor és hűtőborda nélküli.

Frekvenciamérő modul 7.990 Ft

2 bem.: 0,1–60 és 60–1000 MHz.

érz.: 60–100 mV, táp: 9 V/160 mA, 14 mm kar.mag., vörös v. kék LED-ek, méret: 125 x 25 x 21 (ma.) mm

A kitek összeállítását az elektronikai építésben jártasabbaknak ajánljuk, kezdőknek csak segítséggel.

A »HAM-bazár speciál« készülékeiről, készleteiről további információ a honlapunkon található!

Korlátozott készletek, egyes tételek kifogyóban! – Utazás előtt, kérjük, érdeklődjön!

*** Az akcióba a lapelőfizetés nem számítható be. (Az már önmagában is kedvezményes tétel.)**

HAM-bazár 1138 B.pest XIII., Dagály u. 11. I. em. folyosóközép H - P. 09 - 14 ó., Csüt. 09 - 17 ó.
239-4932/36 m., 239-4933/36 m. 1550 Bp., Pf. 123 www.radiovilag.hu hambazar@radiovilag.hu 5k

A „félvezető trióda" története

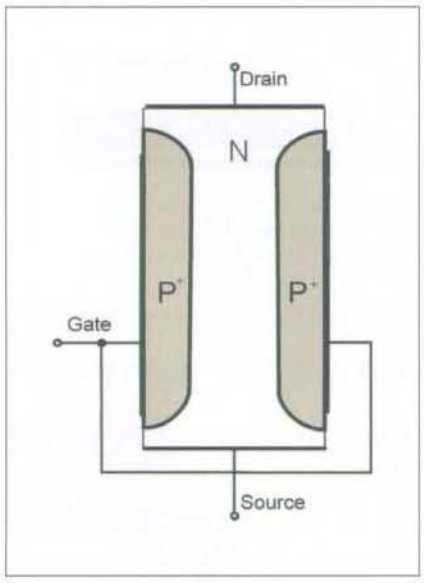
Csiszár János okl. villamosmérnök, csiszarjanos@t-online.hu

Ismert tény, hogy a hangerősítőt építő szakemberek között nagy vita folyik arról, melyik erősítő hangzása jobb, az elektroncsövesé vagy a félvezetőkből építetté? Ez a vita a '70-es években majdnem okafogyottá vált, ugyanis ekkor kezdte el gyártani a Yamaha *és a* Sony *cég a trióda karakterisztikájú speciális FET-et (SIT) alkalmazó hangfrekvenciás teljesítményerősítőket. Sajnos csak rövid ideig, az 1980-as évek közepéig.*

Egy kis FET történelem

Ismert, hogy a FET-ek két nagy csoportra oszthatók, úgymint záróréteges (JFET) és szigetelt vezérlőelektródás (MOSFET) térvezérlésű tranzisztorokra. Jelen esetben csak a JFET-tel foglalkozunk kicsit részletesebben, hiszen ez a típus képezi a SIT alapját.

Nem sokkal az elektroncső feltalálása után (1905, *Lee de Forest*, trióda) már felvetődött a gondolat, hogyan lehetne „szilárdtest alapú triódát" gyártani, az elektroncső kellemetlen tulajdonságait (fűtés, katód elhasználódás, vákuum...) kiküszöbölendő.



1. ábra. A JFET felépítése

1925-ben *Julius Lilienfeld* leírta a JFET működését, 1952-ben *William Schockley* kidolgozta az elméleti modellt, de az akkori technológia még nem tette lehetővé a gyártást. Az első laborpéldányra 1960-ig kellett várni.

1948-ban a tűstranzisztor feltalálása (*John Bardeen, Walter Houser Brattain, William Schockley*) adta a nagy lökést az elektronikának és a félvezető gyártástechnológiának. Majd a rétegtranzisztor későbbi gyártása volt a mérföldkő a megbízható működésű félvezetők előállításához.

1950-ben két japán mérnök *Junichi Nishizawa* és *Y. Watanbe* leírta a trióda karakterisztikájú JFET, (electroStatic Induction Transistor, SIT) működését, majd jóval később, 1972-ben Junichi Nishizawa szabadalmaztatta azt az Egyesült Államokban.

A JFET és a SIT tulajdonságai

A záróréteges JFET felépítése látható az **1. ábrán**. Egy kismértékben szennyezett „N" típusú szilíciumlapkába két ellentétes oldalról erősen szennyezett „P" típusú anyagot diffundáltatnak. A szilícium lapka hossza 10-100-szor nagyobb a vastagságánál. A drain, source, gate kivezetéseket a felületre gőzölögtetett fémréteggel hozzák létre.

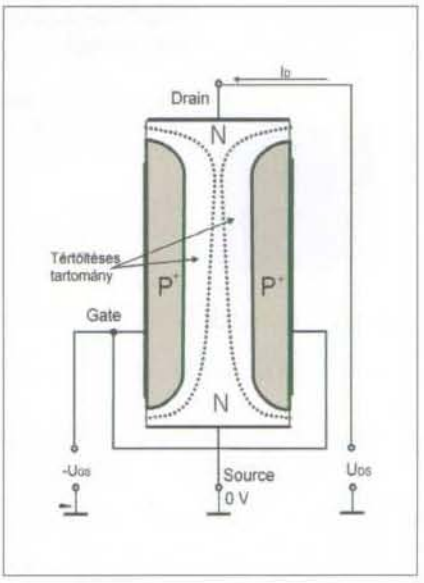
Ha az S-D közé feszültséget kapcsolunk és a gate nulla feszültségű, akkor a kristályban található szabad elektronok a pozitív feszültségre kapcsolt drain felé áramlanak. A nulla feszültségre kapcsolt gate és a pozitív csatornafeszültség miatt a lapka két oldalán található P-N átmenet záróirányban lesz előfeszítve. Emiatt a gate-en folyó áram pikoamper nagyságrendű, amit nyugodtan nullának tekinthetünk.

Ha a gate-re negatív feszültséget kapcsolunk, akkor a P-N átmenetek kiürített rétege szélesebb lesz, emiatt az áramvezető csatorna keresztmetszete lecsökken, ellenállása növekszik, ezért a csatornán átfolyó áram is csökken.

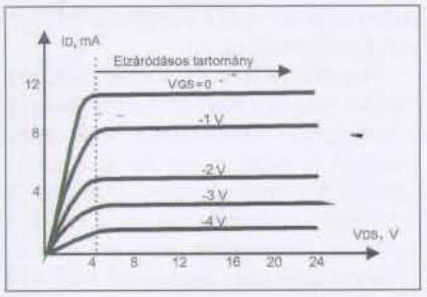
Ha növeljük a drain pozitív feszültségét, az áram növekedni fog, mert a csatorna egy közönséges ellenállásként viselkedik, amelynek nagysága az U_{GS} feszültséggel változtatható **(2. ábra)**.

Visszaemlékezve a trióda működésére, ott is nagyon hasonló jelenséget figyelhetünk meg. Egy bizonyos negatív rácsfeszültség mellett folyó anódáram nagysága az anódfeszültséggel is változtatható, vagyis a trióda is egy-a rácsfeszültségtől valamilyen törvényszerűség szerint függő változtatható ellenállásként viselkedik.

Visszatérve a JFET-re, az előbb leírt „ellenállás üzemmódban" az U_{GS} feszültség határozza meg a csatorna keresztmetszetét, vagyis ellenállását. A gate-elektróda a kristály majdnem teljes hosszában van kialakítva, vagyis a kristály source felőli végénél az U_{GS} feszültség határozza meg a csatorna keresztmetszetét, a drainnél pedig az U_{GD} feszültség. A kettő között a feszültség változik, hiszen a csatorna végtelen sok kis ellenállás soros kapcsolásának fogható fel, melyeken az átfolyó áram feszültségesést okoz.



2. ábra. A JFET működése



3. ábra. Az N-csatornás JFET kimeneti karakterisztikája

$$U_{GS} = U_G - U_S \; U_{GD} = U_G - U_D$$

Konkrét feszültségértékeket behelyettesítve a képletbe láthatjuk, hogy az U_{GD} mindig nagyobb negatív értéket vesz fel, mint U_{GS}, ennek megfelelően a drain felé csökken a csatorna keresztmetszete (2. ábra).

Létezik egy olyan $U_{GD} = U_P$ feszültség, melynél a drainnél a két kiürített réteg „összeér", a csatorna elzáródik. Az elektronok mozgási energiájuk miatt azonban tovább áramlanak a drain felé, de az elektronáram nagyságát a drain-source feszültség többé gyakorlatilag nem befolyásolja, csak az U_{GS} feszültség.

Kijelenthetjük, hogy az elzáródásos tartományban a source-drain áram csak a gate-source feszültségtől függ, vagyis a JFET egy feszültségvezérelt áramgenerátorként viselkedik. Ezt nevezik a JFET elzáródásos tartományának **(3. ábra)**. A 3. ábrán látható karakterisztika több eszközre is jellemző: bipoláris tranzisztor, MOSFET, pentóda.

A JFET-tel kapcsolatban még két kifejezést kell tisztáznunk. Az egyik az eszköz *fizikai felépítésére* utal, vagyis a JFET egy laterális felépítésű eszköz. Ez azt jelenti, hogy az áram a kristálylapka hosszanti oldalával párhuzamosan folyik, szemben a vertikális felépítésű eszközökkel, ahol a source- és a drainelektróda úgy helyezkedik el, hogy az áram a kristálylapka „vastagságán át" folyik a szemben elhelyezett két elektróda között. A **4. ábrán** a kétfajta eszköz felépítése látható. Nyilvánvaló, hogy a vertikális felépítés esetén a vékony kristálylapka miatt az elektronoknak sokkal rövidebb utat kell megtenni a source-drain között (kevesebb ideig tartózkodnak itt), ebből többek között az is következik, hogy a vertikális felépítésű FET-ek nagyobb frekvenciákig működőképesek.

A vertikális felépítés miatt a SIT eszközt korábban VFET-nek is nevezték. Ez ma már félreértésre adhat okot, hiszen idővel kifejlesztették a vertikális elrendezésű V-MOSFET-et is, amit ma szintén VFET-nek nevez az irodalom, ami nyilvánvalóan nem azonos a SIT eszközzel.

A másik jellemzője a JFET-nek, hogy úgynevezett *unipoláris eszköz*, ez pedig azt jelenti, hogy csak a többségi töltéshordozók, esetünkben az elektronok vesznek csak részt az áramvezetésben. Azt az eszközt, amelynél a kisebbségi és többségi töltéshordozók is részt vesznek az áram kialakításában, bipoláris eszköznek nevezzük, ilyen például a bipoláris tranzisztor, de mint később láthatjuk, létezik bipoláris SIT is, ezt nevezzük BSIT-nek.

Az **5. ábrán** látható a JFET (a) és a trióda (b) karakterisztikája. Felfedezhetjük, hogy a JFET nem elzáródásos karakterisztikatartománya, ha kinagyítanánk, nagyon hasonlítana a trióda kimeneti karakterisztikájára. Ennek a tartománynak a feszültséghatárait kellene valahogy átméretezni, hogy triódaszerű karakterisztikát kapjunk. Az természetesen nem elegendő, hogy „szemre" körülbelül egyeznek a karakterisztikák, ennél meggyőzőbb bizonyíték kellene a két karakterisztika hasonlóságához!

A trióda és JFET szakirodalomban is megtalálható a kimenőáram (anódáram, draináram) függése a vezérlőfeszültségtől és az anód-, illetve drainfeszültségtől. A két eszközre hasonlóak a kifejezések, a kimenőáram a vezérlőfeszültségtől és az anód-katód (drain-source) feszültségtől egy hatványkitevős összefüggés szerint függ. A hatványkitevő 3/2, vagyis nem lineáris, de nem is négyzetes a transzferkarakterisztika.

Az ellenállástartományban a JFET-re vonatkozó képlet:

$$I_D = 3I_{DSS}\left\{\frac{u_{DS}}{-U_P} - \frac{2}{3}\left[\left(\frac{u_{DS}-u_{GS}}{-U_P}\right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{u_{GS}}{U_P}\right)^{\frac{3}{2}}\right]\right\}$$

ahol I_{DSS} a nulla gate-source feszültséghez tartozó draináram, az U_P pedig a csatorna elzáródási feszültsége.

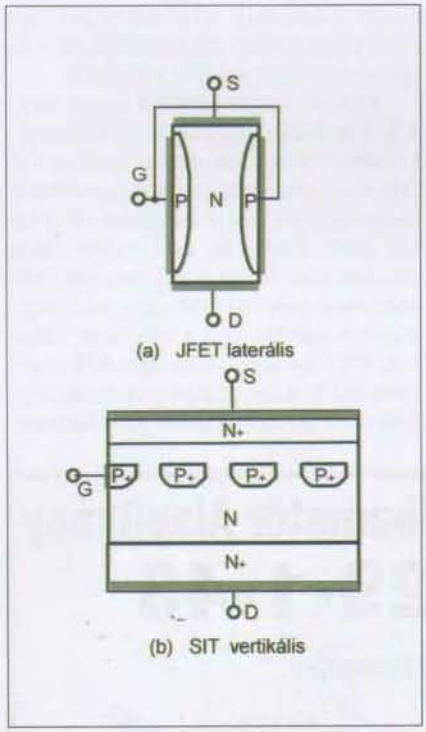
Az elzáródásos tartományban viszont jó közelítéssel a gate-source feszültség négyzetével arányos a draináram:

$$I_D \cong \frac{3I_{DSS}}{-U_P}\left[1-\left(\frac{U_{GS}}{U_P}\right)^2\right]$$

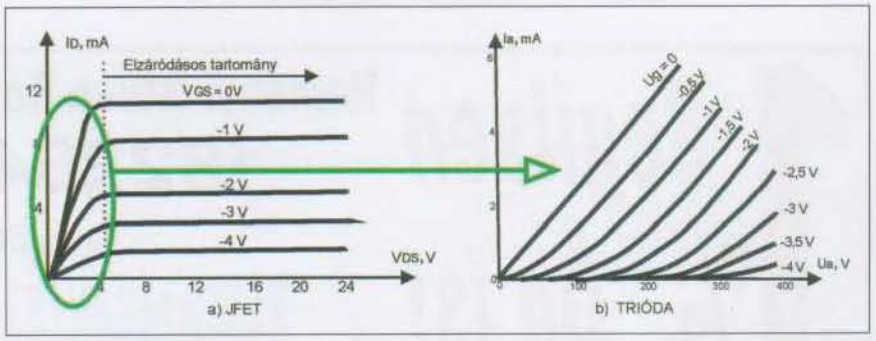
A triódára vonatkozó összefüggés pedig:

$$I_A = const\left[U_R + \frac{U_A}{\mu}\right]^{\frac{3}{2}}$$

ahol U_R a rácsfeszültség, U_A az anódfeszültség, μ pedig a trióda erősítési tényezője.



4. ábra. A laterális (a) és a vertikális (b) felépítésű JFET [5]



5. ábra. Az N-csatornás JFET és a trióda kimeneti karakterisztikája

A képletek szerint a trióda karakterisztikája és a JFET ellenállástartománybeli karakterisztikája nagyon hasonló, de egyik sem eredményez lineáris átvitelt. Ez azt jelenti, hogy elméletileg sem lehet lineáris átvitelt produkálni ezekkel az eszközökkel, ezért alkalmazzák a negatív visszacsatolást, hogy ennek hatása linearizálja a transzfer karakterisztikát, ezáltal csökkentse a harmonikus torzítást. Ismerjük viszont a negatív visszacsatolás olykor káros mellékhatásait, ezért sokszor visszacsatolás nélküli kapcsolásokat alkalmaznak a „High End" készülékekben. Lehet, hogy a nemlineáris karakterisztika okozza a „jó hangzást" a visszacsatolás nélküli triódás végerősítőkben, és mint később láthatjuk a SIT eszközzel megvalósított erősítőben is?

A JFET adott volt, működött, és volt olyan karakterisztikarészlete, amely hasonlított a trióda karakterisztikájához. Kézenfekvő volt, hogy különböző eszközökkel a JFET alapokból kellene kialakítani a „félvezető triódát".

A trióda karakterisztikájú félvezető eszköz megalkotása egy bonyolult műveletsorozat végeredménye volt. Szerkezeti, szennyezési koncentrációs és mechanikai változtatást is kellett végezni a JFET eszközön, hogy trióda karakterisztikájú félvezető erősítő elem, a SIT létrejöjjön. Az egyik lényeges különbség az, hogy a gate-elektródát nem a felületen alakítják ki az „N" típusú félvezetőben, hanem úgynevezett „eltemetett gate-et" állítanak elő az „N" típusú kristály belsejében, hasonlóan ahhoz, ahogy a trióda rácsa helyezkedik el fizikailag a katód és anód között.

Ennek a felépítésnek a célja az, hogy a csatorna ellenállását elzáródási effektus nélkül lehessen változtatni egy elektrosztatikus mező segítségével viszonylag széles határok között, a gate feszültségének változtatásával. Ebből adódik, hogy az eszköz fizikai felépítése nem laterális, hanem a nagyfrekvenciás tulajdonságok és a trióda karakterisztika érdekében vertikális, ahogy azt a **6.a ábrán** láthatjuk. A **6.b ábrán** látható továbbá a SIT két, szokásos rajzjele is.

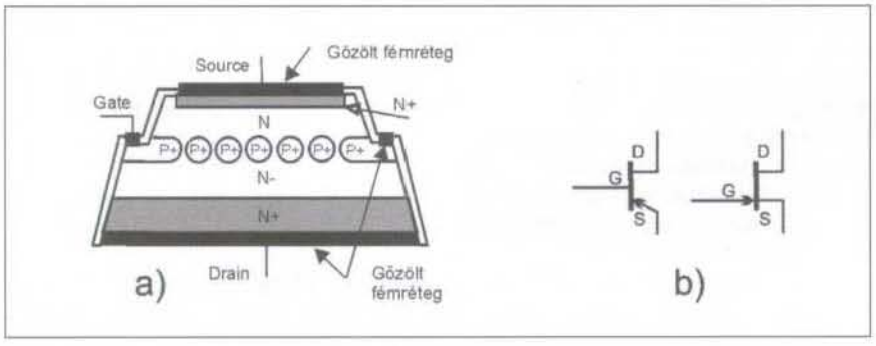
A triódaszerű karakterisztika elérésének további feltétele, hogy a csatornaellenállás lehetőleg kicsi legyen, ezért a vertikális csatorna hosszát lényegesen csökkenteni kellett. Emellett a csatorna keresztmetszetét is relatíve kis értéken kell tartani a trióda karakterisztika megőrzése érdekében – pedig a nagy teljesítmény vezérléséhez nagy keresztmetszetre lenne szükség. A megoldás az, hogy nagyon sok (több száz) csatornát alakítanak ki, és ezeket párhuzamosan kapcsolják, hogy az áramsűrűség, ezzel a vezérelhető teljesítmény is lehetőleg nagyra adódjék. A 6. ábrán látható csonkakúp alakú csatornákból kötnek pár száz darabot párhuzamosan a SIT vezető csatornájának kialakításához.

A csatorna hossza, keresztmetszete mellett még egy nagyon fontos tényező a szennyezés koncentrációjának beállítása. A 6. ábrán az N+ erősen szennyezett N típusú anyagot jelent, az N a normál koncentrációjú, míg az N- a gyengén szennyezett anyagot jelenti. E három jellemző számszerű értékétől függően lehet pentóda-, vagy triódaszerű karakterisztikát létrehozni a SIT eszközzel.

Az eddig leírtakból sejthető, hogy a SIT gyártása a speciális technológiák alkalmazása miatt meglehetősen drága mulatság volt! Végül is ez okozta a SIT „vesztét", ugyanis a '70-es évektől fokozatosan fejlődött a MOSFET-ek gyártástechnológiája. Létrehozták a vertikális MOSFET elrendezést, ezzel teljesítményben és kapcsolási sebességben megközelítették a SIT tulajdonságait. A sokkal költséghatékonyabb MOSFET gyártástechnológia olcsóbb eszközöket eredményezett, közel azonos kapcsolási jellemzők mellett. A MOSFET lassan „átvette a hatalmat", a SIT eszközök gyártása visszaesett, majd átmenetileg meg is szűnt.

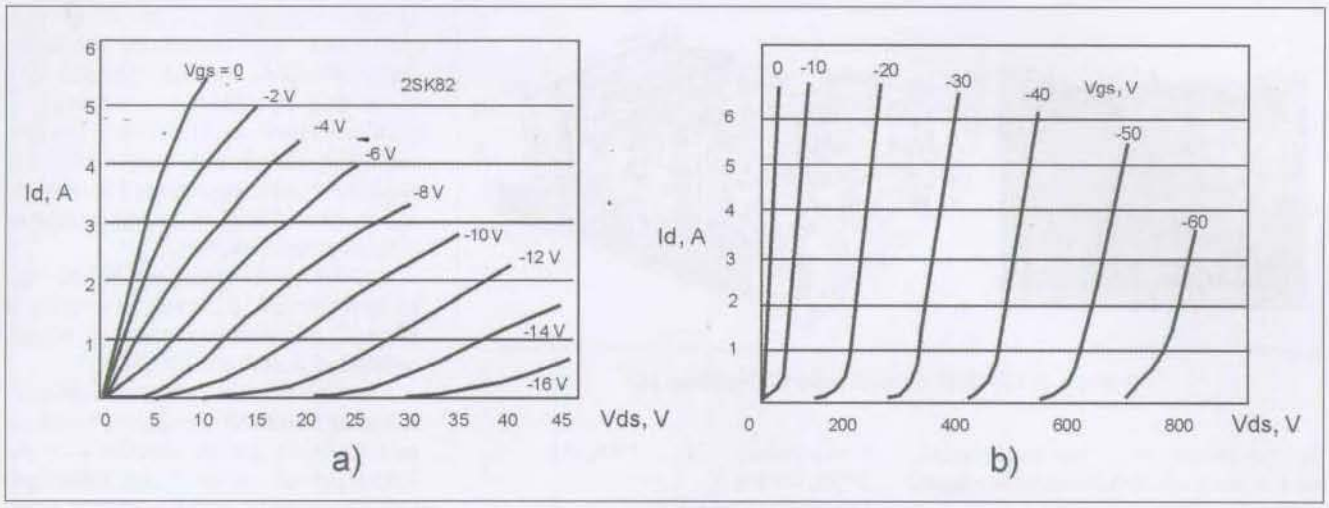
A gyártó cégeket nem motiválta az a tény, hogy az „audiofil társadalom" elveszít egy igazi kuriózumot, a félvezető alapú triódát... Szerencsére mindig akadt egy egyetem vagy kutatócsoport, amely kihívásnak tekintette a SIT eszközök elméleti és gyakorlati kutatását, így a téma nem aludt el teljesen!

Korábban már említést nyert, hogy a SIT is létezik bipoláris módusú eszközként, amit szintén a mechanikai felépítés és a szennyezések koncentrációjának megfelelő beállításával hoztak létre. Ezeket az eszközöket akkor alkalmazták, ha nagyfrekvencián, több száz megahertzen több száz watt teljesítmény elérése volt a cél. Nem véletlen, hogy a nagyon költséges SIT kísérletekhez és az eszközök gyártásához az amerikai haditengerészet által használt



6. ábra. A SIT felépítése (a) és rajzjelei (b) [4]

1% Segítsen Ön is!
Reményi István Rádióamatőr Alapítvány
18226429-1-43
Az alapítványt támogatja a
RÁDIÓTECHNIKA
Elektronika FÜZETEK



7. ábra. Egy közepes (a) és egy nagyteljesítményű (b) SIT karakterisztikája

radarberendezés elektroncsöveinek lecserélése volt a fő motiváció.
Egy közepes a) és egy nagy teljesítményű b) SIT karakterisztikája látható a **7. ábrán**.

Egy N csatornás teljesítmény SIT jellemző paraméterei...

...U_{DS} = 800 V, I_{DS} = 10 A (maximum 60 A), T_{on} = 250 ns, T_{off} = 300 ns, csatornaellenállás: 0,6...1,5 ohm. Figyelemre méltó az akkori MOSFET kapcsolókhoz képest nagyságrenddel nagyobb letörési feszültség és source-drain áram értéke. A vertikális felépítésből adódó nagy működési sebesség is jóval meghaladta az akkori MOSFET-ekét.

Egy „hibája" azért akadt, de ezt gondos tervezéssel el lehetett kerülni. Mivel a SIT önvezető, nagyon fontos az áramkör tervezése során biztosítani, hogy a negatív gate-source feszültség a drain-source feszültség megjelenésekor már jelen legyen (N csatornás SIT), hogy azonnal a normál munkaponti áram alakuljon ki, és ne az eszközre megengedett maximális áramnak a sokszorosa!

8. ábra. A Sony komplementer SIT-párja [3]

Jóllehet, a nagyteljesítményű SIT-kollekció a hadiipar részére készült, de a két japán világcég (Yamaha, Sony) felismerte a SIT-ben rejlő lehetőséget, és elkészíttette a *Tokin* vállalattal is együttműködve a közepes teljesítményű SIT komplementer példányait. Az 1970-es években megalkották az első SIT-alapú hangfrekvenciás teljesítményerősítőket. A Sony első termékeként a legendás TA-N7B típusszámú erősítőt forgalmazta, a Yamaha pedig a nagyhírű B-1 jelzésűt. A SIT kapcsolási sebességét kihasználva a Sony később megtervezte és legyártotta a TA-N88 „D" osztályú teljesítményerősítőt is. Ez mind óriási hír lehetett volna akkoriban az „audiofil társadalom" számára, hogy félvezető alapú, de vákuum trióda karakterisztikájú eszközt sikerült előállítani, és ezekből nagynevű gyártók készítettek hallgatható, összehasonlítható teljesítményerősítőket! Miért maradt el ennek a világszenzációnak a megfelelő módon történő tálalása, dokumentálása?

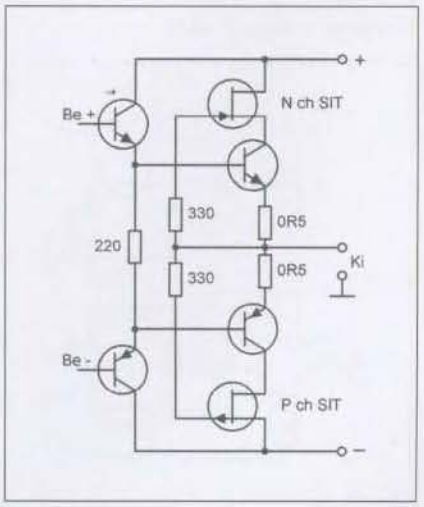
Az egyik válasz, sajnos, egyszerű! Akkoriban még csak írásos alapon cserélődtek az információk, ez pedig meglehetősen lassú volt. Ne felejtsük el, hogy az internet őse, az ARPANET csak 1983-ban lett „polgári", ekkor vált le róla a továbbra is szigorúan titkos MILNET. Ettől az időponttól számíthatjuk a polgári felhasználású internet kialakulásának kezdetét!

A másik ok pedig az volt, hogy az európai és amerikai szervezetek kellő információ hiányában nem a megfelelő súllyal foglalkoztak ezzel a világ újdonsággal, a szenzációs felfedezés Japán határain belül maradt.

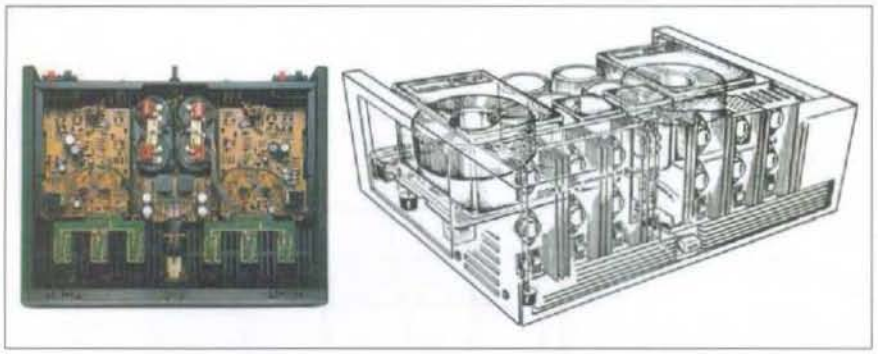
A SONY TA-N7B...

...sztereoerősítőjét két darab 100 W-os, komplementer tranzisztorokkal felépített, „A" osztályú fokozat alkotja. Az erősítőkben oldalanként három tranzisztor pár van párhuzamosan kapcsolva és hűtőbordára szerelve. Az „A" osztályú működésből adódó nagy nyugalmi áramérték okozta disszipációs teljesítmény miatt szükséges a 2SK82 (N-csatornás) és 2SJ28 (P-csatornás) SIT-eket megháromszorozni. A SONY gyártmányú, TO-3 tokba szerelt komplementer pár a **8. ábrán** látható. A végfokozat egy csatornájának leegyszerűsített rajzát a **9. ábra** mutatja.

Az N-csatornás SIT az NPN tranzisztorral, a P-csatornás pedig egy PNP tranzisztorral alkot kaszkód erősítőt. Ez a felépítés biztosítja, hogy a VFET-



9. ábra. A Sony TA-N7B erősítő végfokozatának egyszerűsített kapcsolási rajza [2]



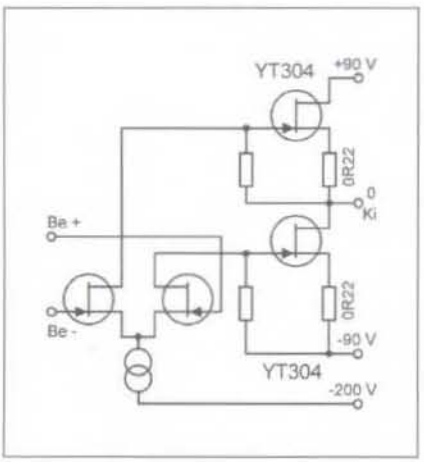
10. ábra. A TA-N7B erősítő belső felépítése [6]

ek munkapontja a tranzisztorszórásoktól, és a tápfeszültség-változásától szinte független.

Az erősítőt többféle védelemmel látták el, a túlvezérlés-védelem elektronikus úton, egy feszültségosztó kapcsolásban működő tranzisztor kinyitásával csökkenti a végfokozatra kerülő jelet. A hőfokvédelem egy termisztoros áramkör segítségével kapcsolja le a hangszórót, ha a végtranzisztorok hőmérséklete meghaladja az előre beállított határértéket. További védelem van beépítve a kimeneten esetleg megjelenő egyenfeszültség hangsugárzót károsító hatása, valamint a bekapcsolási tranziensek ellen is.

Az erősítő bemenő fokozatát bipoláris és térvezérlésű tranzisztorok alkotják, a kimenetről egy enyhe negatív visszacsatolással 0,01% THD értéket értek el.

Az erősítő specifikációja:
Teljesítmény: 2×100 W 8 ohmon
Jel/zaj: 120 dB
Bemenő szint:1,3 V
Hangszóró imp.: 8 ohm
Frekv.menet: 1 Hz ... 100k Hz
THD: 0.01%
Damping factor: 100
Méretek: 430×170×335 mm
Súly: 21 kg
Gyártási év: 1977



11. ábra. A Yamaha B-1 végerősítőjének egyszerűsített rajza [1]

A **10. ábrán** látható az erősítő belső felépítése a fedőlap felől, valamint a berendezés röntgenrajza. Az erősítő megbecsültségére jellemző, hogy 2018 novemberében a használt erősítők ára több, mint harminc év után is 3000 EUR körül volt!

A YAMAHA B-1...

...típusszámú erősítőjét 1975-től 1980-ig gyártotta. A YAMAHA nem komplementer tranzisztorokat alkalmazott B-1 jelű erősítőjében, hanem N-csatornás YT304 jelzésű statikus indukciójú tranzisztorokat, „A" osztályú, ellenütemű kapcsolásban. A végfok leegyszerűsített kapcsolási rajza a **11. ábrán** látható.

A YAMAHA a gondos, előrelátó tervezésnek, valamint a statikus indukciójú tranzisztorok alkalmazásának köszönhetően úgy gondolta, hogy a B-1 erősítőt referencia erősítőnek szánja, amelynek segítségével hangsugárzók hasonlíthatók össze. Ennek érdekében került a hátlapra az öt pár hangsugárzót fogadó 10 db csatlakozó. A teljesítményerősítőhöz csatlakoztatható egy távvezérlő is, amelyen a hangsugárzó párokat lehet kiválasztani. További praktikus szolgáltatás, hogy a 10 hangsugárzó szintjét egyenként lehet állítani a távvezérlőről, az azonos hangnyomás elérése érdekében.

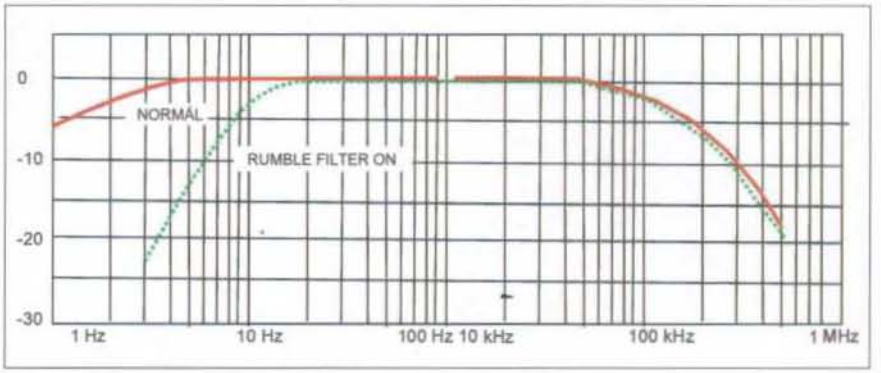
Az UC-1 távvezérlőn található egy kivezérlésmérő is, amely a tényleges kimenő teljesítményt méri 8 ohmos terhelésen 1 mW-tól 300 W-ig.

Az erősítő tápegysége többféle feszültséget állít elő: a végerősítő számára a ±90 V-ot, a relék számára 12 V feszültséget, az előfokok tápfeszültségét (25 V), valamint a SIT-eszközök munkapontját meghatározó +40 és -200 V-os feszültségeket.

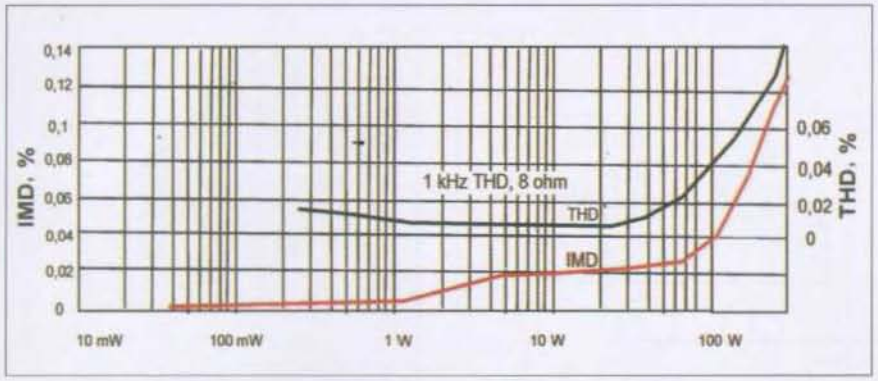
Az erősítő többfajta védelemmel is rendelkezik, melyek aktiválását LED-ek jelzik. A védelem áramkörei túláramra, túlmelegedésre kapcsolnak be, illetve ha a DC-csatolt kimenet feszültsége több, mint 2 volttal eltér a nulla értéktől. (hangszóró védelem). Külön áramkör szolgál a +40 és -200 voltos munkapont-beállító tápfeszültségek figyelésére, ugyanis bármelyik táp megszűnése a SIT végtranzisztorok tönkremenetelét okozhatja. A statikus indukciójú tranzisztorok ugyanis kiürítéses módusúak, vagyis megfelelő lezáró gate-source feszültség nélkül túl nagy áram folyna a SIT source-drain körében.

Az erősítő negatív visszacsatolást tartalmaz a kimenetről a bemeneti differenciálerősítő fázisfordító bemenetére, ennek hatására alakul ki a **12. ábrán** látható frekvenciamenet [1], valamint a **13. ábrán** látható harmonikus és intermodulációs torzítás érték [1].

Meg kell jegyezni, hogy a trióda szerű SIT karakterisztikának egy kis hátránya is akad, ugyanis kivezérlés közben a drainfeszültség csökkenésé-



12. ábra. A Yamaha B-1 frekvenciamenete [1]



13. ábra. A Yamaha B-1 harmonikus és intermodulációs torzítása [1]

vel csökken a drainára is, emiatt az adott tápfeszültség mellett kisebb teljesítmény keletkezik, mint egy pentóda karakterisztikájú eszköz (JFET, MOSFET, bipoláris tranzisztor) esetében. Ezt a jelenséget azonban előnynek is fel lehet fogni, hiszen az eszköz így egy dinamika kompresszorként működik, megakadályozva az éles vágást túlvezérléskor! Később még szó lesz róla, de valószínű, hogy ennek a „kompresszor hatásnak" is jelentős szerepe van egy triódás erősítőnél a kellemes hangzás létrehozásának.

Az erősítő specifikációja:
Teljesítmény: 2×150 W 8 v. 4 ohmon
Frekv.menet: 20 Hz...20 kHz, THD ≤ 0,1%
Intermod. torz. max. 0,1%, SMPTE sz. mérve
1 W frekv.menet: 5 Hz...100 kHz +0, -1 dB
Telj. sávszél.: 5 Hz...50 kHz, THD = 0,5%
Damping factor: 100 (1 kHz, 8 ohm)
Bemenő szint: 0,775 V, 50 kohm
Jel/zaj: 110 dB
Hangszóró imp.: 4...16 ohm
Félvezetők: 39 db FET, 113 db tranzisztor, 3 db LED, 7 db Z-dióda, 64 db dióda
Méretek: 460×150×390 mm
Súly: 47 kg
Gyártási év: 1975

Ára a gyártás évében 1850 USD volt. A használt Yamaha B-1 erősítő is jól tartotta az árát, 2015-ben 3500-4500 EUR közötti árakat találhatunk.

A **14. ábrán** a B-1 erősítő belső felépítése látható. Jól megfigyelhető a megfelelő csatornához tartozó két hűtőborda, ezekre rögzítették az 1-1 db YT304 SIT-et.

A 80-as években a Yamaha és Sony cégek megszüntették a SIT alapú erősítők gyártását, nagyon valószínű, hogy az eladott darabszám nem tudta fent tartani a költséges SIT gyártástechnológiát. A következő huszonöt évben csipkerózsika álmát aludta a SIT technológia, hogy aztán két cég is (Digital do Main, First Watt) felkarolja a majdnem elfeledett, SIT alapú teljesítményerősítő gyártását!

A Digital do Main...

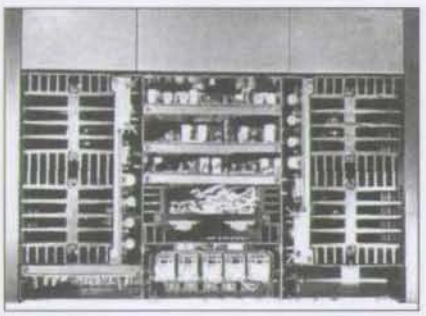
...japán illetőségű, székhelye Chiyoda, Tokió. A cég tevékenységi köre különleges minőségű, innovatív audiovizuális berendezések tervezése, gyártása, értékesítése. A megcélzott vevőkört a nagyon jó anyagi körülmények között élő magánemberek és kisebb csoportok alkotják. Felismerték és újraélesztették a korábban elszalasztott lehetőséget, hogy félvezető alapú, de vákuum trióda karakterisztikájú eszköz felhasználásával készítsenek különleges minőségű teljesítményerősítőt.

A '70-es években gyártott 2SK77B N-csatornás, közepes teljesítményű SIT szabadalmi védettsége megszűnt, így a Digital do Main hatalmas anyagi ráfordítással elkezdhette gyártatni ezt az eszközt. (**15.a ábra**). Ebben az erősítőben csak statikus indukciós működési elvű tranzisztorok találhatóak, a kis teljesítményű SIT példányokat a cég DIL-tokba integrálva gyártatja (**15.b ábra**)

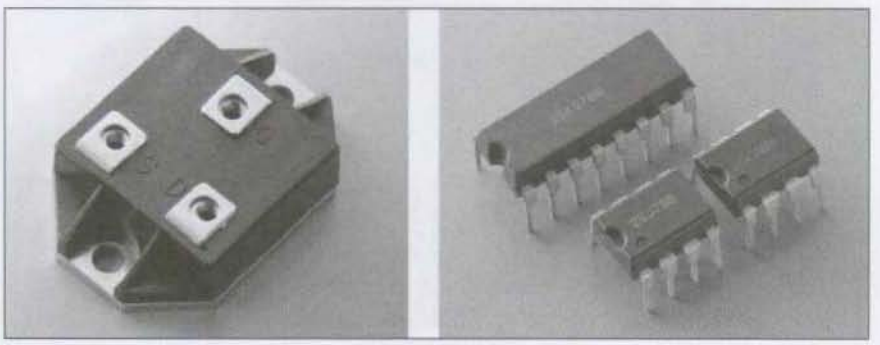
Nem bíztak semmit a véletlenre, ennek a tranzisztornak felhasználásával kezdték el gyártani 2008-ban a Yamaha valamikori híres teljesítményerősítőjét, a B-1 típusszámút, B-1a elnevezéssel. A **16. ábrán** a B-1a végerősítő lényegesen egyszerűsített kapcsolási rajza látható.

Az erősítő specifikációja:
Csatornák: 2 (szt.) v. hídban 1 (mo)
Kimenő telj.: 2×150 W/4 ohm v. 1×300 W/4 ohm
Bemenetek: 2 XLR, 2 RCA
Bemenő érz.: XLR, RCA 0,76 Veff (hídban 0,55 Veff)
Bemenő imp.:XLR, RCA 10 kohm
Szintállítás: hátlapon csatornánként, elölapon MASTER szt. szabályzó
Frekv.: DC...100 kHz +0, -3 dB
Jel/zaj: 125 dB (A) a teljes kivez.hez visz.
THD+N: 0,005%, 1kHz/150 W/4 ohm
Áthallás: <-125 dB a teljes kivez.hez visz.
AC teljesítmény felvétel: 263 W
Méretek: 218×55×176 mm
Súly: 24 kg

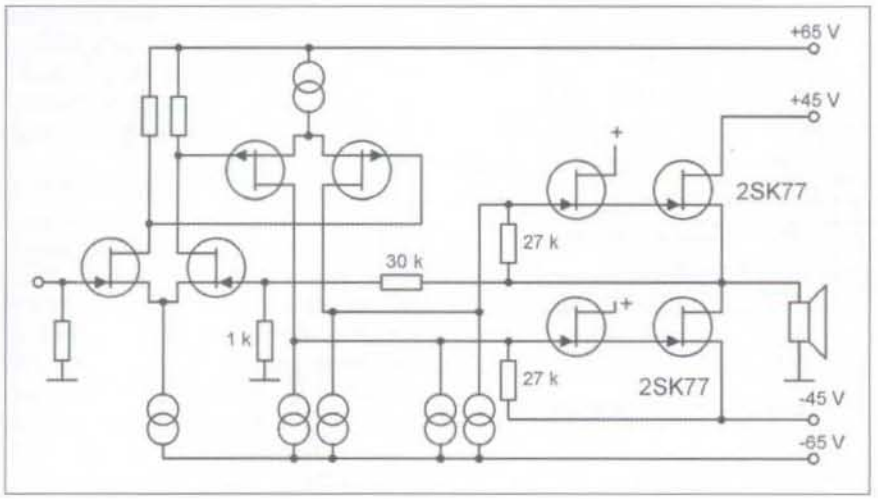
A berendezés ára 2009-ben 9600 USD volt. A B-1a erősítő panelja látható a **17. ábrán** látható.



14. ábra. A Yamaha B-1 erősítőjének belső felépítése [1]



15. ábra. 2SK77B és DIL-tokozású SIT-ek [8]



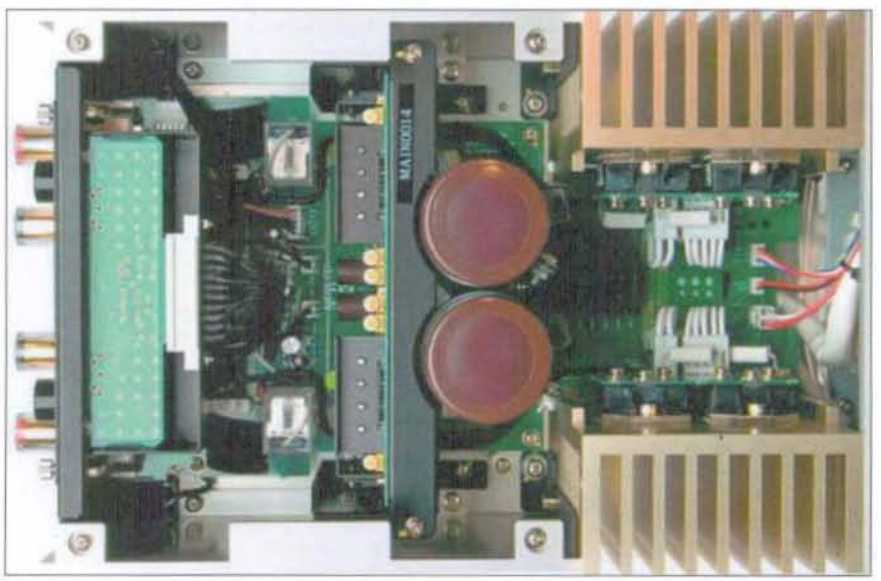
16. ábra. A Digital do Main B-1a végerősítőjének egyszerűsített kapcsolási rajza [7]

A First Watt céget...

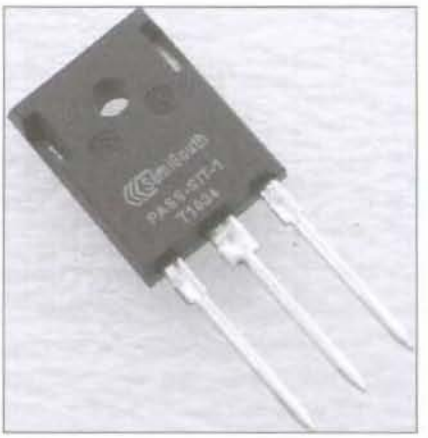
...*Nelson Pass* alapította a '90-es évek elején, főleg kis teljesítményű, kiváló minőségű, de egyszerű kapcsolástechnikájú hangfrekvenciás berendezések tervezésére, gyártására. A First Watt mellett megalapította a Pass Labs céget is, ahol a tulajdonképpeni sorozatgyártás folyt. Itt készültek Pass tervei alapján a híres „Aleph" és az „X" szériájú (szuper szimmetrikus) erősítők. A SIT alapú erősítőket kis szériában a First Watt gyártotta, egyedi, manuális szereléssel. Ezek az erősítők nagyon egyszerű felépítésűek voltak, nem ellenütemű (együtemű, single ended) „A" osztályú, visszacsatolás nélküli kivitelben.

Nelson Pass megismerkedett a SemiSouth Company (Starkville, USA) félvezetőgyártó cég egyik vezetőjével, aki elmondta, hogy éppen katonai megrendelésre gyártanak statikus indukciójú tranzisztort, de nem szilícium a kiinduló anyag a gyártáshoz, hanem szilícium karbid (SiC). Ezeket a tranzisztorokat nevezték aztán „SIC SIT"-nek, melyek több előnyös tulajdonsággal rendelkeztek a szilícium SIT-hez képest:

– kétszer akkora elektron mozgékonyság, mint a szilícium esetében, kétszer jobb nagyfrekvenciás viselkedés;
– tízszer akkora letörési feszültség és impedancia, ezáltal megnövelhető a teljesítmény;
– 3,3-szor jobb hővezető képesség, magasabb megengedhető réteghőmérséklet (500 °C);
– 17%-kal kisebb dielektromos állandó, kisebb kapacitások, jobb nagyfrekvenciás átvitel.



17. ábra. A B-1a erősítő szerelt panelja [9]



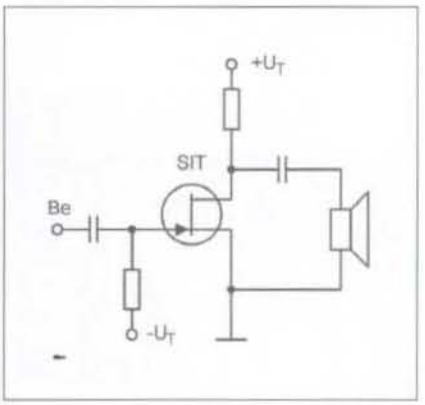
18. ábra. A SemiSouth által gyártott „PASS SIT-1" [10]

Pass vállalta a kockázatot, és rendelt az 50 W disszipációjú SIC SIT-ből néhány darabot. A First Watt számára gyártott „PASS SIT-1" elnevezésű tranzisztor látható a **18. ábrán**.

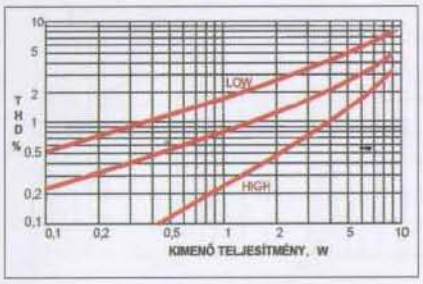
Nelson Pass célkitűzése az volt, hogy a SIT eszközzel egy kisteljesítményű, „A" osztályú, single ended, negatív visszacsatolást nem tartalmazó teljesítményerősítőt tervez és gyárt. E célkitűzés szellemében készültek el a SIT-1, SIT-2 erősítők 2010 és 2017 között. A SIT-3 erősítő ellenütemű, „A" osztályú komplementer végfokozattal rendelkezik, eladása 2018-ban kezdődött.

A SIT-1...

...erősítő egyszerűsített kapcsolási rajzát a **19. ábra** mutatja. Látható, hogy mindössze egy SIT elemet tartalmaz, visszacsatolás nélkül. A SIT munkaellenállása egy hűtőbordára szerelt,



19. ábra. A SIT-1 erősítő egyszerűsített kapcsolási rajza



20. ábra. A SIT-1 erősítő torzítása a munkaponti áram függvényében [11]

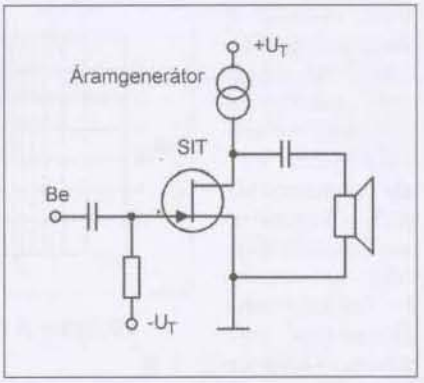
800 W terhelhetőségű ellenállás. A SIT munkapontja az előlapról egy potméterrel állítható, így lehet kísérletileg beállítani a nekünk tetsző hangzásnak megfelelő munkapontot. Egy mérőműszeren ellenőrizhetjük a munkaponti áramot, melyet a műszer zölden jelölt tartományán belül kell tartani.

Nelson Pass nagyra értékelte *Jean Hiraga* kutatásait, aki szerint a kellemes hangzás záloga a domináns kétszeres frekvenciájú harmonikus jelenléte, mellette egy kevés harmadik harmonikussal, lehetőleg a többi felhang jelenléte nélkül. A különböző munkapontokban, 8 ohmos terhelés mellett mérhető torzítás értékeit láthatjuk a **20. ábrán**. Sajnos csak a THD értéke látható, a harmonikusok egyedi amplitúdóértékei nem! A „LOW" és „HIGH" jelölések valószínű, hogy a munkaponti áram nagyságát jelzik.

Az erősítő bemenő impedanciája 10 vagy 100 kohm lehet, egy, a hátlapon található XLR csatlakozóba dugható átkötés helyzetétől függően. A 10 kohm II 1000 pF a SIT bemenő impedanciája, a 100 kohm II 10 pF impedanciát pedig egy P-csatornás source követő JFET előfok biztosítja. Az egyszerűsített rajzon nem szerepel ez az előfok.
A nyugalmi disszipáció az „A" osztályú beállítás miatt nagy: 200 W. A kimenő teljesítmény maximum 10 W, ebből adódik az 5% értékű hatásfok. A SIT-1 erősítő **21. ábrán** látható.

A SIT-1 specifikációja
8 ohmos terheléssel:
Csatorna: 1 (monó)

21. ábra. A SIT-1 erősítő [14]



22. ábra. A SIT-2 erősítő vázlatos kapcsolása [12]

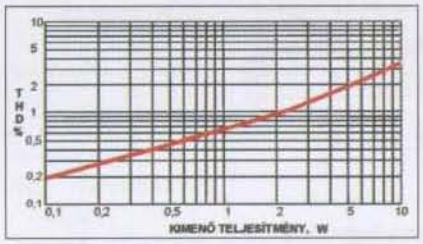
Telj. harm. torzítás: 1 W @ 0,7%
Bem. imp.: 10 kohm v. 100 kohm
Erősítés: 18 dB
Kim. impedancia: 4 ohm
Kim. telj.: 10 W @ 5% THD, 1 kHz
Frekv.menet: 4 Hz...500 kHz (-3 dB)
Zaj: 150 uV súlyozatlan, 20-20 KHz
Teljesítmény felvétel: 200 W
Súly: 16 kg
Méretek: 432×381×127 mm
Ár: 2 db (szt.) erősítő 10 000 USD

A SIT-2...

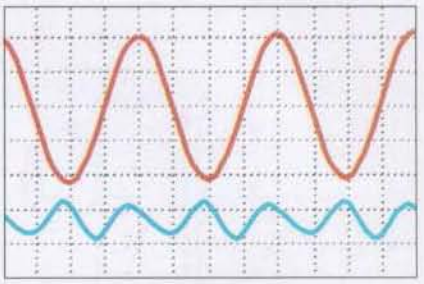
...teljesítményerősítő több jellemzőjében eltér elődjétől. Ez az erősítő már sztereó, tehát nem szükséges két darabot vásárolni a zenehallgatáshoz.

Az áramköri felépítésben két lényeges különbség található, egyrészt a munkaellenállás nem egy ohmos ellenállás, hanem egy JFET áramgenerátor. A munkapont nem állítható a felhasználó által, hanem fixen beállított értékű, a SIT-1 beállítási tartományának közepére. Megmaradt viszont a kétféle impedanciájú bemenet választásának lehetősége, azonosan a SIT-1 erősítőben található megoldással. A SIT-2 erősítő vázlatos kapcsolási rajza látható a **22. ábrán**.

A SIT-1 kapcsolási jellemzőinek megváltoztatása eredményezte, hogy az erősítő hatásfoka az 5% helyett 10%-ra adódott. A torzítás értéke nem



23. ábra. SIT-2 THD [12]



24. ábra. A THD harmonikus tartalma [12]

változott lényegesen az elődhöz képest (**23. ábra**), a harmonikus tartalom is nagyon hasonló a SIT-1-hez, a második harmonikus (kétszeres frekvenciájú komponens) dominanciáját mutatja (**24. ábra**).

A SIT-2 specifikációja
8 ohm terhelésnél:
Csatorna: 2 (sztereó)
Telj. harm. torzítás: 1 W @ 0,7%
Bem. imp.: 10 kohm v. 100 kohm
Erősítés: 18 dB
Kimenő impedancia: 4 ohm
Kim. telj.: 10 W @ 5% THD, 1 kHz
Frekv.menet: 4 Hz...500 kHz (-3 dB)
Zaj: 150 uV súlyozatlan, 20-20 kHz
Telj. felvétel: 200 W (2 erősítő, 100 W/er.)
Súly: 16 kg
Méretek: 432×381×127 mm
Ár: 1 db (szt.) erősítő 5000 USD

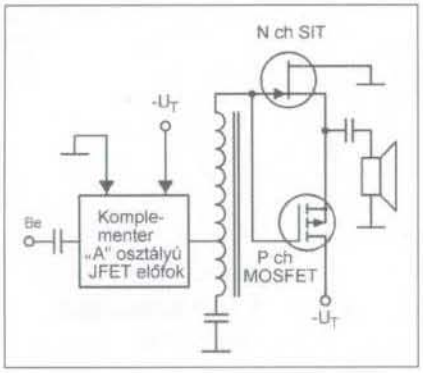
A SIT-2 teljesítményerősítőt a **25. ábra** mutatja.

A SIT-3...

...teljesítményerősítő a First Watt utolsó, SIT-re épülő terméke, és ezzel befejeződött a SIT-alapú erősítők gyártása. Ennek oka az, hogy a SemiSouth cég 2017-ben megszűnt, így abba maradt a SIT-elemek First Watt részére történő gyártása is.

Természetesen a garanciális kötelezettség miatt a First Watt még rendelkezett elég nagy darabszámú statikus indukciós tranzisztorral. Mivel a szilícium karbid alapú tranzisztorokból eddig elenyésző mennyiség ment tönkre

25. ábra. A SIT-2 teljesítményerősítő

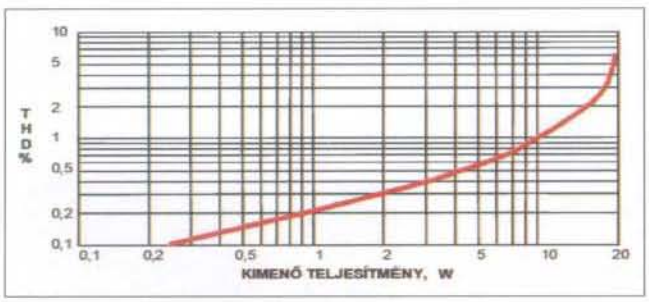


26. ábra. A SIT-3 erősítő működési sémája [13]

az eladott erősítőkben, Nelson Pass úgy határozott, hogy a javításra szánt tranzisztorok egy részét felhasználja egy új, de egyben utolsó SIT erősítő megalkotásához. Ez az utolsó erősítő természetesen a SIT-3 elnevezést kapta.

A SIT-3 más elképzelés szerint készült, mint elődjei. Pass szakított a földelt source kialakítással, az új erősítő földelt drain, vagyis source-követő kapcsolásban készült (**26. ábrán**). Ezzel viszont elveszítette a földelt source kapcsolás feszültségerősítését, amit valahogyan pótolni kellett. Ere a célra egy hangfrekvenciás transzformátort alkalmazott, amit a jó frekvenciamenet érdekében viszont kis impedanciásan kellett meghajtani. Ezt a feladatot a bemeneten található „A" osztályú komplementer JFET fokozat teljesíti. A kimenő teljesítmény növelése érdekében Pass szakított a nem ellenütemű (single ended) kialakítással, ez a kapcsolás komplementer tranzisztoros „A" osztályú, ellenütemű beállításban (push-pull) üzemel.

A SemiSouth cég viszont csak N-csatornás SIT-et gyártott, a komplementer típust nem! Pass úgy oldotta meg a kérdést, hogy egy P-csatornás MOSFET-et alkalmazott komplementer párnak, valószínűleg kiválasztva azt a típust, amelynek ve-zérlőfeszültség-áram karakterisztikája pont a tükörképe a SIT ugyanezen karakterisztikájának. Az erősítő torzítása jobb lett a source-követő kapcsolásnak köszönhetően, ezen az értéken a transzformátor alkalmazása sem rontott. (Vélhetően nagyon jó minőségű transzformátorról van szó!) A THD – kimenő teljesítmény karakterisztika a **27. ábrán** látható.



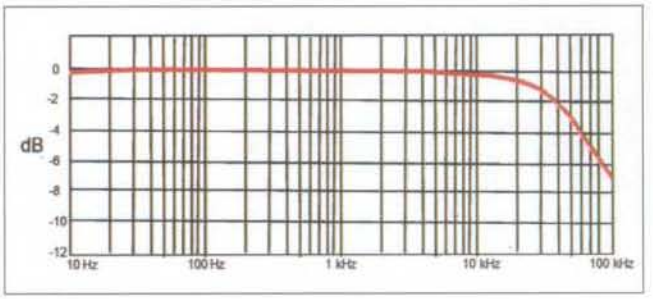
27. ábra. A SIT-3 erősítő torzítása 8 ohmos terhelésen a kimenő teljesítmény függvényében [13]

Az erősítő 18 W teljesítményre képes 8 ohmos terhelésen, ez 12 Veff kimenő feszültséget jelent. Az adatlap szerint az erősítő „feszültségerősítése" (a transzformátor áttételéből adódó feszültségnövekedés) közel 12 dB, vagyis négyszeres. A transzformátor bemenetén ekkor kb. 3 Veff feszültség van, emiatt ügyelni kell az esetleges túlvezérlésre. A transzformátor negatív hatása a frekvenciamenetben viszont egyértelműen érvényesül: a -3 decibeles pont 50 kHz-en van, ellentétben az elődök 500 kHz határfrekvenciájával (**28. ábra**).

A SIT-3 erősítő specifikációja:
Csatornák száma: 2 (sztereó)
Kim. telj.: 18 W @ 8 ohm, 30 W @ 4 ohm
Bemenő impedancia: 200 kohm
Erősítés: 11,5 dB
Damping factor: 30
Frekv.menet: -5 dB @ 10 Hz, -3dB @ 50 kHz
Kim. zaj: 50 uV súlyozatlan 20 - 20 kHz
Felvett teljesítmény: 150 W
Súly: 16 kg
Méretek: 432×406×171 mm
Ár: 4000 USD

A SIT-3 használati utasítása végén Nelson Pass azt írja, hogy reméli, ez az erősítő még 250 embernek fog nagy örömet okozni. Ebből a megjegyzésből lehet következtetni a még rendelkezésre álló SIT-ek darabszámára.

Eddig kizárólag műszaki jellemzőkről esett szó, ezt kiegészítendő következzen néhány szubjektív tesztből kiragadott vélemény!



28. ábra. A SIT-3 erősítő frekvenciaátvitele [13]

SONY TA-N7B (felújított erősítő)

http://audiokarma.org/forums/
The Fez, 2014. május 21. (részlet)

Félelmetesen pontos és részletes megszólalás, tonálisan nagyon kifinomult és árnyalt. Semmi más, csak a zene hallható, egy teljesen csendes háttér előtt. De ez nem hideg vagy klinikai hang, hanem soha nem hallott hangszereket és részleteket hordoz. Az átmeneti sebesség és dinamika csodálatos. Ez a Sony egy „gyors" erősítő, nagyon gyors.

A kis frekvenciák is kiválóan jelennek meg. A középső basszus, a felső basszus, az alacsony basszus minden ott van a helyén. A középhangok és a magasak is kiválóak. Különösen az ének és a zongora, ahol a Sony erősítője nagyot alkot. Úgy tűnik, hogy a hangok és hangszerek szinte „belépnek" a szobába. Talán az egyetlen „gyengébb" pont a sztereó elválasztás. Nem olyan jó, mint ahogy az elvárható lenne ettől a különleges erősítőtől, vagy úgy tűnik, nem ugyanabban az osztályban van, mint az erősítő többi része. Nagyon jó, de nem kivételes. Természetesen a Sony ESPRIT TA-N902 (a legjobb hangszín, amit egy erősítőtől hallottam) és a Yamaha B-2 jobb hangzást és elválasztást mutat.

Tegyünk egy tisztességes előerősítőt a TA-N7B-hez, mert az N7B a csodálatos kialakításnak és a hangzásnak velejárója az alacsony erősítésű előerősítő. De ez csak így van...
Szép, nagyon pontos, lineáris, alacsony zajszint (nincs zaj!). A Sony TA-N7B sztereó teljesítményerősítővel valóságos zenét fog hallgatni!

Digital do Main B-1a

TechRadar
Jason Kennedy, 2009. november 3. (részletek)

Amikor a B-1a megérkezett, a mesés Vivid Giya hangszóró vizsgálatának folyamatában voltunk, és küzdöttünk, hogy jó hangot kapjunk. A siker oka a

Leema kiváló Pyxis/Altair IV erősítő jelenléte a rendszerben, ezt váltottuk ki a DDM B-1a erősítővel. A Digital Do Main azonban többet tett abba az irányba, hogy feltárja, milyen izgalmas a Giya, mert az erősítő rendkívül dinamikus. A magas hangzás rendkívül tiszta és sima, ami azt a benyomást keltheti, hogy ez egy csöves erősítő, de a kép mélysége, amit megfogalmaz, másként szól, ez csak egyszerűen tisztább, mint a legtöbb triódás erősítő hangja.

A basszusnak hatalmas sebessége és tisztességes súlya van, ez nem olyan erős, mint valami Bryston teljesítményerősítő, de rendkívül artikulált, a basszusgitár teljes tömeget kap az összes harmonikus szerkezettel együtt; így amikor az összetettebb szakaszok jönnek, könnyű követni ezeket.

First Watt SIT-3

Audiophile Magazine
John Richardson, 2018. július 15.
(részlet)

Ebből a tapasztalatból kiderül, hogy a Nelson Pass és a First Watt újra mozgásba lendült, még egy újabb, rendkívül zenei és élvezetes erősítővel. A megfelelő rendszerben úgy gondolom, hogy az új SIT-3 szinte tökéletes egyensúlyt biztosít a nyitott, dimenziós, élvezetes harmonikus hangzás, a megfelelő hangkép és a vezérlés között. Ezeket a jellemzőket ráadásul a szélsőséges frekvenciákon is a kezében tartja. Különösen lenyűgözött a kimondottan robusztus hang, amit a SIT-3 a nagy (és drága) ATC SCM 100 passzív monitoraimból kaptam. A First Watt már régóta nagyon kedvező hangminőséget és ár-érték arányt biztosít, ami ráadásul úgy néz ki, hogy minden későbbi tervezés során kedvezőbbnek tűnik ez a jellemző. A Sea Ranch-on (a First Watt székhelye, California) ott kell lennie valami titkos mártásnak... Vagy talán Nelson egy kis segítséget kap a „barátaitól"? Valakinek ellenőriznie kellene a hátsó udvart, vajon található-e ott repülő csészealj törmelék?

Hogyan tovább?

A műszaki adatokból és a szubjektív tesztekből következtethető, hogy a SIT technológiát felvonultató hangfrekvenciás erősítők megállják a helyüket, közel azonos (vagy azonos) hangélményt adnak, mint az „igen tisztelt" triódás erősítőtársaik. Győz-e valamelyikük vagy eléldegélnek egymás mellett csendben, a gyártók, de inkább a kereskedők nagy örömére?

Először vizsgáljuk meg az alkatrész utánpótlást: a SemiSouth félvezetőgyártó cég megszűnésével a First Watt termékek meg fognak szűnni a teljesítmény SIT-ek hiánya miatt. A Digital do Main saját magának gyártja a 2SK77B SIT-et, ezért ameddig el tudja adni körülbelül 10 000 USA dollárért a tényleg jó minőségű B-1a erősítőt, a gyártás biztosított.

Az elektroncsövek utánpótlása, ha nem is gördülékenyen, de megoldott, ám az a kérdéses, hogy a felhasználók továbbra is méltányolják-e az elektroncsöves erősítők 10 – 30 000 dolláros árát?!

Csöves vagy tranzisztoros?

A fenti – sokszor elhangzott – kérdés tartalma az, hogy a teljesítményerősítőben melyik teljesítmény szabályzót célszerű alkalmazni ahhoz, hogy az emberi hallás számára kellemes és véleményünk szerint valósághű hangzást érjünk el. Természetesen, ha valaki azt állítja, hogy egy erősítő „jól szól", az egy vélemény az illetőtől, az ő hangi ízlésvilágának megfelelő az adott eszköz. Ez csak egy szubjektív vélemény, de ha száz ember közül hetven-nyolcvan vélekedik hasonlóan, arra már oda kell figyelni. Az emberi hallás bonyolult dolog, vele kapcsolatban vannak jól mérhető paraméterek (pl. a hallásküszöb görbe pontjai), de az előbb említett „kellemes hangélmény" nem mérhető, kizárólag sok ezer ember véleményére alapozható alapszabályok fogalmazhatók meg.

A zenét kedvelő, műszaki beállítottságú ember szeretné a hangzásra vonatkozó szubjektív véleményét konkrét mérési eredményekkel alátámasztani, vagyis számszerűsíteni a hangélmény minőségét. Kérdés tehát, hogy vajon lehetséges-e tökéletes eredménnyel számszerűsíteni a hangélményt? A válasz ma még egyértelmű: NEM!

Ezt azért jelenthetjük ki ilyen határozottan, mert a hangélményt az emberi hallás, hallószervünk és agyunk közösen állítja elő. Az emberi hallószervről nagyon sokat tudunk, de a hallószerv–agy kapcsolat tekintetében még bőven akadnak nem ismert jelenségek. Marad tehát a további kutatás és kísérletezés, hogy ezt a bonyolult rendszert egyszer teljesen megértsük és hűen modellezni tudjuk.

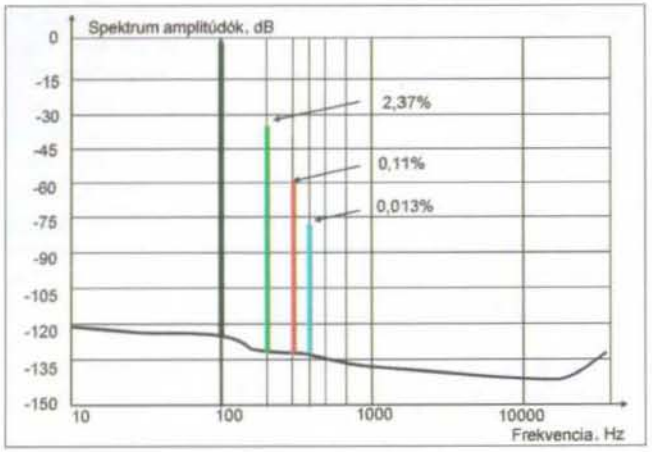
Addig is megkísérelhetjük a frekvenciamenet és torzítás stb. méréssel alátámasztani a megítélt minőséget, de ez nem a megfelelő út! Egy vagy több periódikus mérőjel nem helyettesítheti az élő zenét vagy beszédet, sem a frekvencia, sem az idő (amplitúdó) tartományban. Egy nagyon kis előrelépést jelenthet, ha nem THD-t, (Total Harmonic Distortion) mérünk, hanem az egyes keletkezett felharmonikusok frekvenciáját és amplitúdóját külön-külön vizsgáljuk. Ez a módszer azért hoz valamivel jobb eredményt, mert hallásunk különféleképpen reagál a különböző frekvenciájú felharmonikusok jelenlétére és ezek amplitúdó arányára. Így már sejthető, hogy a szinte azonos THD értékek mellett miért érezzük, hogy másképpen szól az egyik erősítő, mint a másik? Ehhez szükséges azonban, hogy tudjuk mely felharmonikusok megjelenését tolerálja (sőt, igényli) hallásunk, és melyek azok, melyek a kellemetlen hangérzetet okozzák?

Ha a torzítás mérés során létrejött komponenseket vizsgáljuk a továbbiakban, feltehetjük a kérdést, hogyan keletkeznek ezek?

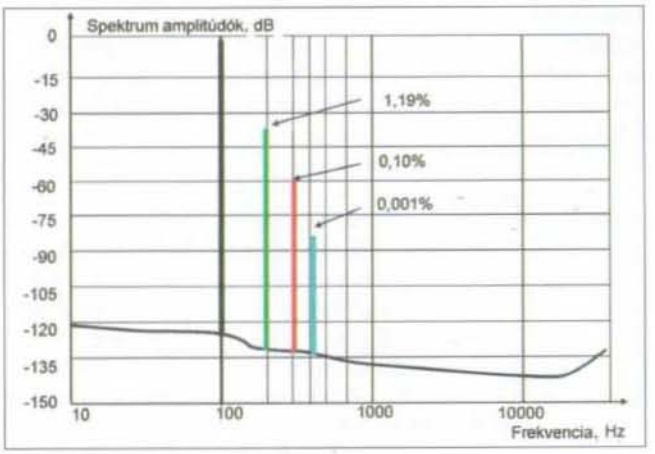
A kérdésre egyszerű a válasz: vagy az erősítőeszköz nemlineáris karakterisztikája miatt, vagy egy túlvezérlés során eltorzult jel következtében jelennek meg a különböző felharmonikusok. A későbbiekben mindkét esettel foglalkozunk, de ezt megelőzően azt kellene vizsgálni, hogy a különböző fokszámú harmonikus jelenléte hogyan befolyásolja a hangélményt?

1973 májusában a New York-i Audio Engineering Society (AES) rangos lapja közzétette azt a tanulmányt, amely a vákuumcsöves és félvezetős erősítő berendezések hangminőségének különbözőségével foglalkozik. A tanulmány szerzője *Russel O. Hamm*, címe: Csövek és tranzisztorok – Van-e hallható különbség? (Tubes versus Transistors: Is There An Audible Difference?) Russel O. Hamm szerint:
»Meg kell találni az összefüggést a mérhető elektronikus torzítás és a zenei hangszín között, ez az igazi kulcsa annak, hogy miért különböznek a csövek és a tranzisztorok. Talán a legismertebb szereplők ezen a területen a hangszerkészítők, akik sok éves gondos kísérletezéssel megállapították, hogy a különböző harmonikusok hogyan kapcsolhatóak a hangszer anyagához, formájához, méretéhez.

A hangszer elsődleges hangszínét az első néhány harmonikus erőssége határozza meg. Az alsórendű harmonikusok mindegyike saját jellegzetes hatást fejt



29. ábra. Nem túlvezérelt triódás erősítő harmonikusai [18]



30. ábra. Nem túlvezérelt FET-es erősítő harmonikusai [18]

ki, ha domináns, vagy módosíthatja egy másik domináns harmonikus hatását, ha kiemelkedő nagyságú. A legegyszerűbb besorolásnál az alsó harmonikusok két tónuscsoportba oszthatók.

A páratlan harmonikusok (harmadik és ötödik) „leállított" vagy „fedett" hangot adnak. A páros harmonikusok (második, negyedik és hatodik) „kórusszerű" vagy „éneklő, dallamos" hangulatú hangképet produkálnak.

Zeneileg a második (2f) az maga az oktáv, és szinte hallhatatlan, mégis testet ad a hangnak, a hangzás így erősebbé, teljesebbé válik. Az erős harmadik (3f) harmonikus ahelyett, hogy a hangot gazdagítaná, valójában a hangot fémszerűvé teszi, ami szinte bosszantó jellegű, ha amplitúdója elég nagy. Egy erős harmadik markánsan előidézi a „fedett" hatást.

A negyedik és az ötödik hozzáadásával a hang „nyitott kürt" karakterűvé változik. Az ennél magasabb harmonikusok a hetedik fölött „élet" vagy „metszést" adnak a hangnak. A felső harmonikusok közül, például a hetedik, kilencedik és tizenegyedik hangzás szempontból nagyon fontos, ugyanis megfelelő nagyságú jelenlétük disszonáns hatást is eredményezhet.

Mivel a hallásunk nagyon érzékeny a felső harmonikusokra, azok amplitúdója rendkívül fontos. Természetesen nem csak az adott magasabb rendű harmonikus abszolút nagysága, mint inkább amplitúdóviszonya az alacsonyabb (főleg második és harmadik) harmonikusokhoz befolyásolhatja a hangképet.«

Összegezve az előbbieket ismét Jean Hiraga juthat eszünkbe, aki kimondta ugyanazt, amit a fenti tanulmány is tartalmaz: a kellemes hangzás záloga a viszonylag erős második (2f), ennél kisebb harmadik (3f) harmonikus, miközben a többi, magasabb rendű harmonikusnak gyorsan kell csökkennie. Most, hogy megismertük a különböző harmonikusok és harmonikus csoportok pszichoakusztikai hatását, vizsgáljuk meg a harmonikusok kialakulásának okait, lehetőségét!

Mint korábban már szó volt róla, a torzítás két alapesetben jöhet létre: – az erősítőeszköz nincs túlvezérelve, tehát csak az erősítőelem nemlineáris karakterisztikája okozza a torzítást; – az erősítő eszköz túlvezérlés következtében torzít, és termel újabb, eddig a jelben nem létező harmonikusokat.

A túlvezérlés nélküli állapotot a www.elektronikinfo.de honlapon megjelent, *dr. Christian Caspari* által jegyzett cikk alapján tárgyaljuk. Az elképzelés az volt, hogy bipoláris tranzisztor, FET és trióda eszközökkel készített erősítők keletkezett harmonikus tartalmát vizsgálja úgy, hogy az erősítők kivezérlése lehetőleg azonos legyen és túlvezérlés ne forduljon elő.

A vizsgálat körülményei:

– Egyfokozatú erősítő, visszacsatolással (katód-, emitter-, source-ellenállás)
– Az erősítő tápfeszültsége félvezetőnél 9 V, elektroncsőnél 90V
– Az erősítés tízszeres, beállítva
– A kimenő jel nagysága félvezetős erősítőnél 2,83 Veff, elektroncsövesnél 28,3 Veff
– A mérőjel 100 Hz színuszjel, 283 mVeff (félvezetős erősítő), illetve 2,83 Veff (elektroncsöves erősítő)
– A mérőjel torzítása -105 dB, vagyis 0,00056%

Ellenőrizzük először, hogy tényleg „belefér-e" a kimenőjel az aktuális tápfeszültség értékébe, nem lesz-e „clip" effektus:

$U_{pp} = 2 \times U_{kieff} 1{,}41 = 2 \times 2{,}83\ V \times 1{,}41 = 8\ V_{pp}$

A tápfeszültségből kivonva a félvezető telítődési feszültségét:

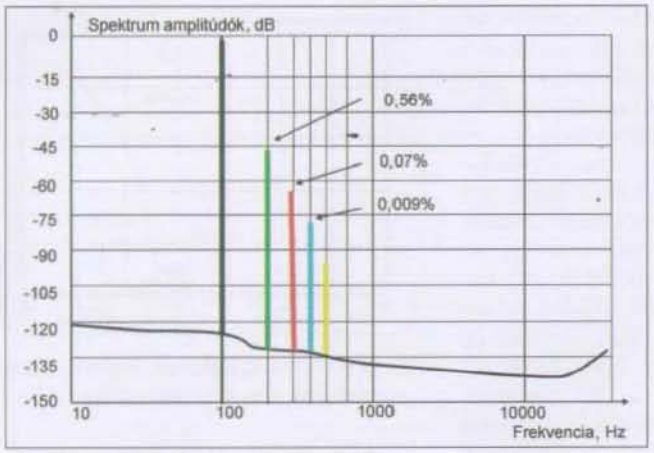
$U_T" = U_T - 0{,}7\ V = 9\ V - 0{,}7\ V = 8{,}3V > 8V$

Vagyis a kimenő jel „éppen a clip alatt" van!!

Az elektroncsöves erősítőre közel ugyanez igaz a tízszeres tápfeszültség és a tízszeres kimenőjel miatt! A munkapont természetesen a munkaegyenes közepére lett állítva. A triódás erősítő harmonikusainak összetétele látható a **29. ábrán**. Az ábrán jól látható a kétszeres frekvenciájú harmonikus és a háromszoros frekvenciájú harmonikus aránya, Jean Hiraga szerint a „kellemes hang" záloga a kb. ilyen arányú 2f és 3f harmonikus. Az ábrán látható harmonikusok képződnek tehát a trióda anódáram – rácsfeszültség – anódfeszültség 3/2-es hatványkitevőjű összefüggés miatt.

A **30. ábrán** látható a FET-es erősítő harmonikusainak nagysága. Megfigyelhető, hogy eléggé hasonló a karakterisztika a triódáéhoz, hiszen a FET az elzáródási tartományban négyzetes karakterisztikájú, és még nem érvényesül a drainfeszültségtől független kimeneti karakterisztika hatása, hiszen nincs túlvezérlés.

A **31. ábra** a tranzisztoros erősítő harmonikusait ábrázolja. Megfigyelhetjük, hogy a háromfajta erősítő elemmel készített erősítők keletkezett harmonikusainak nagysága nem, de azok



31. ábra. Nem túlvezérelt tranzisztoros erősítő harmonikusai [18]

aránya nagyjából azonos, vagyis az előzőekben megismert gondolatmenet szerint nem szabadna jelentős különbségnek lenni az erősítők hangzásában. Az elvégzett kísérletek ezt igazolják dr. Christian Caspari cikke szerint, de a szakirodalomban található, hasonló témájú tesztek eredményei is többségében ezt a megállapítást támasztják alá.

Térjünk át a másik esetre, amikor a mikrofon vagy végerősítők a túlvezérlés miatt termelnek új harmonikusokat. Felületesen szemlélve azt mondhatnánk, hogy pl. egy mikrofon kimenő feszültsége biztos nem tudja túlvezérelni a mikrofon előerősítőt, de ha esetleg mégis, ott van az erősítőkre szinte általánosan érvényes 20 dB túlvezérlési tartalék (headroom)!

A mérésben résztvevő mikrofonokat gyártó cégek: U-87 és U-47 Neumann, 77DX RCA, C-28 AKG, 666 Electro-Voice. A mérés során a feszültség vonatkoztatási szintje 0,775 Veff, vagyis 0 dBm. Russel O. Hamm mérései alapján azonban meg kell változtatni véleményünket. A **32. ábra táblázat**ában különböző mikrofonok kimenő feszültségei szerepelnek impulzusszerű hang felvételekor. Az értékek terheletlen mikrofonokra vonatkoznak, de a mikrofonerősítőre kapcsolva sem csökken a jel 1-2 decibelnél többet. A mikrofontávolságok a gyakorlatnak megfelelő értékek. Az adatokból már ránézésre sejthető, hogy a mikrofonerősítő túl fog vezérlődni, de tegyük a dolgot életszerűvé konkrét számokkal. Ezen mikrofontípusokhoz általában 36-40 dB erősítést állítanak be, a mikrofonerősítők túlvezérlési tartaléka nem kisebb, mint 20 dB.

Ha a még ma is népszerű Neumann U-87 mikrofonnal számolunk, basszus dob felvétele esetén az erősített feszültség 40 dBm, ebből levonva a headroom értékét 20 dBm adódik, vagyis a tartalékon túl még tízszeres túlvezérlés jelentkezik, amely érték óriási, jelentős torzítást fog okozni! Ha áttekintjük ilyen szemszögből a táblázatot, minden feszültségérték, amely nagyobb, mint -20 dB, túlvezérlést okoz. A táblázat értékei arra utalnak, hogy az esetek többségében jelentős túlvezérlés várható. *Ezek a kimenőfeszültség értékek természetesen csak egy rövid időre, és bizonyos frekvenciasávban jelentkeznek, pontosan ezek azok a pillanatok, amikor a triódás és a félvezetős erősítők közötti különbség nagyon jól hallatszódhat.*

Hangszer	Távolság [m]	U–87	U–47	77–DX	C–28	666
Basszus dob	0,15	0	-6	-9	-15	-1
Nagy tom tom	0,3	-1	-6	-9	-10	-5
Kis tom tom	0,3	-1	-5	-7	-9	-1
Zongora (egyetlen hang)	0,15	-25	-29	-38	-35	-32
Zongora (akkord)	0,15	-23	-27	-36	-33	-33
Zenekarok	4,5	-16	-25	-33	-33	-30
Kolomp	0,3	-10	-12	-29	-19	-15
Hangos kiabálás	0,1	0	-11	-	-10	-10

32. ábra. Táblázatban a különböző mikrofonok kimenő feszültségei, impulzusszerű hangokra [17]

Russel O. Hamm és csapata a következő módszer alapján végezte a tesztet:

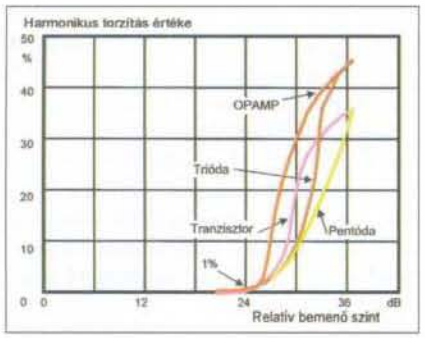
„A felvételi stúdióban három, különböző kivitelű, kereskedelmi forgalomban kapható mikrofon előerősítő került elhelyezésre. Mindegyik erősítőt 40 dB erősítésre és 3%-os teljes harmonikus torzítás (THD) értékre állították be +18 dBm szintnél. Az 1. előerősítő egy tranzisztoros kialakítású volt, a 2. előerősítő hibrid műveleti erősítő, míg a 3. előerősítő triódával működött. A tesztjelet az U-87 mikrofon nagydob felvétele szolgáltatta, amelyet mindegyik előerősítő bemenetére csatlakoztatni lehetett.

A stúdiószemélyzet informális csoportja hallgatta a három erősítő kimenetét a vezérlőhelyiség monitor hangszóróin. Amikor a tesztjelet egyik erősítőről a másikra váltották, a hallgatókat arra kérték, hogy ítéljék meg a hangminőséget. Az egyes és kettes erősítők kimenete egyaránt súlyosan torzított volt. A harmadik (triódás) erősítő azonban tiszta hangot adott.

A tesztet többször megismételték mikrofonfeszültség előosztók használatával is, addig állítva az osztót, amíg minden erősítő hangérzetre torzítatlan jelet adott. Az 1. erősítő 5-10 dB túlterhelést tudott elviselni észrevehető torzítás nélkül. A 2. erősítő észlelhető torzulást mutatott körülbelül 5 dB túlterhelés mellett. *A normál (nem túlvezérelt) tartományban mindhárom erősítőnek tiszta hangzása volt.*

A meghallgatási tesztek egyértelműen jelzik, hogy a túlvezérlés hatása nagymértékben függ az erősítők típusától. A mérnökök azt vallják, hogy minden erősítő hallható torzulást okoz, amint a túlvezérlési pontot eléri. A tesztek azt mutatják, hogy minden erősítő bizonyos mértékig túlvezérelhető anélkül, hogy ez a torzulás észrevehető lenne. *Megállapítható, hogy bizonyos nagyságú túlvezérlésnél keletkezett harmonikusok igenis okozhatják a csöves és a tranzisztoros erősítők közötti hangminőség különbséget.*

Ahhoz, hogy a hangerősítőkben a harmonikustorzítás jellegét általánosan és helyesen lehessen ábrázolni, a túlvezérlési görbék *körülbelül ötven különböző áramkör tesztje alapján készültek.* Az elektroncsöves erősítők a népszerű 12AY7 és 12AX7 triódákat, a 8628 és a 7586 trióda nuvisztorokat és az 5879 pentódát használták. Ezeket a csöveket akkoriban széles körben alkalmazták a keverőasztal előerősítőkben. A 2N3391A, a 2N5089 és a 2N3117 szilícium PNP tranzisztorokat azért választották, mert széles körben használta az ipar a keverőasztal és a magnetofon áramkörökben. A műveleti erősítők közé tartoztak a népszerű 709 és LM301 mo-



33. ábra. Elektroncsöves és félvezetős erősítők THD-ja [17]

nolit egységek, és két kereskedelmi forgalomban kapható hibrid IC, amelyeket a keverőasztalok áramkörei tartalmaztak."

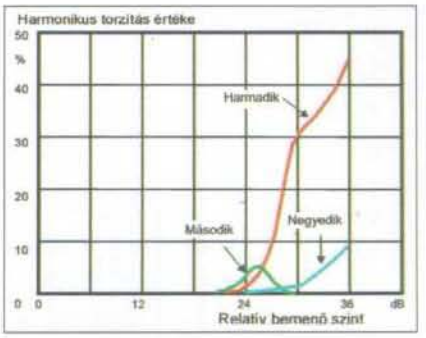
A **33. ábra** négy különböző, kereskedelmi forgalomban kapható előerősítő torzítási jellemzőit mutatja. Mindegyik áramkör visszacsatolást használ, minden erősítő 600 ohmos terhelésre működik, 40 dB erősítéssel. Az erősítők mindegyikére vonatkozó közös referenciapont az 1% THD. Itt látható, hogy a THD görbék szinte párhuzamosan futnak, és a torzításokban sincs nagyságrendi különbség a görbék végpontjánál, amely 12 dB túlvezérlést jelent a referenciapont felett. *A meghallgatások során ilyen nagyságrendű túlvezérlésnél már óriási hangzásbeli különbséget észleltek a szubjektív tesztelők. Ez ékes bizonyítéka annak, hogy a THD mért értéke köszönő viszonyban sincs a hangképről alkotott szubjektív ítélettel.*

A **34. ábra** a tipikus, kétfokozatú 12AY7 triódás erősítő torzítási komponenseit mutatja. A kiemelkedő jellemző a második harmonikus dominanciája, amelyet a harmadik követ kisebb szinten. A harmadik harmonikus csak egy bizonyos szintig növekszik, aztán csökken. A negyedik harmonikus később 3-4 dB-lel emelkedik, a harmadikhoz képest párhuzamosan. Az ötödik, hatodik és hetedik marad 5% alatt a 12 decibeles túlvezérlés ponthoz viszonyítva. *Ezek a görbék az összes vizsgált triódás erősítő általános jellemzői, függetlenül az elektroncső kialakításától (miniatűr, novál, nuvisztor)*

A trióda anódáramának növekedésekor csökken az anódfeszültség, ami viszont anódáram csökkentő hatású. Kijelenthetjük, hogy ez szinte egy tökéletes kompresszor, a 15-20 dB túlvezérlési tartományon belül a trióda kimenő feszültsége csak 2-4 dB-lel növekszik, mint egy igazi dinamika kompresszornál. Ez a „jel legömbölyítés" okozza a markáns második harmonikus torzítást, amit külön nem hallunk, csak a hangérzetet növeli. Ez a növekedés ráadásul olyan, hogy a keverőasztal kivezérlés mérőjén nem is látszik, viszont jól hallatszik. Ezért a monitor hangerőt csökkenteni lehet, amivel növekszik a hanganyag hallható jel-zaj viszonya. A több basszus érzése is közvetlenül kapcsolódik az erős második és harmadik harmonikus komponensekhez, amelyek megerősítik a „természetes" basszust „szintetikus" basszussal.

A **35. ábra** a kétfokozatú, single ended pentódás erősítő torzítási komponenseit mutatja. Itt a harmadik harmonikus dominál, a második pedig körülbelül -3 dB eltolással szinte párhuzamosan halad a harmadik harmonikussal. Mind a negyedik, mind az ötödik harmonikus jelentős nagyságú, míg a hatodik és a hetedik marad 5% alatt, mindaddig, amíg a relatív 12 dB túlvezérlés nem növekszik tovább.

Érdemes megfigyelni a második és harmadik harmonikus megcserélődését a triódához képest. Ennek oka a kimeneti karakterisztika különbözősége, vagyis a pentóda anódárama az anódfeszültségtől független, így nem alakulhat ki a „kompresszor hatás", melynek jótékony hatása az erős második harmonikus.

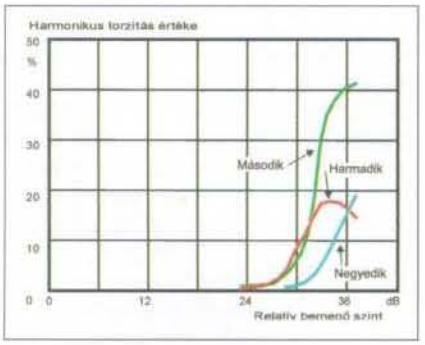


36. ábra. Tranzisztoros erősítő harmonikusai túlvezérlés esetén [17]

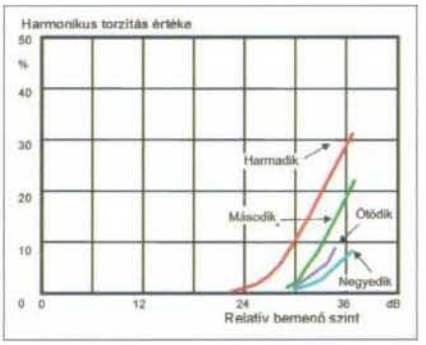
A **36. ábrán** a tranzisztoros erősítő jellemzői láthatók. Az előző ábrákhoz hasonlóan a görbék az összes vizsgált tranzisztoros erősítőre jellemzőek. A megkülönböztető jellemző az erős harmadik harmonikus komponens. Ez hasonló okokból alakult úgy, mint a pentódánál, hiszen a két kimeneti karakterisztika (kimeneti feszültség – kimeneti áram) szinte ugyanaz. Minden más harmonikus is jelen van, de sokkal kisebb szinten, mint a harmadik.

A **37. ábra** hibrid műveleti erősítő torzításkor fellépő komponenseit ábrázolja. A harmadik, ötödik, hetedik harmonikus meredeken emelkedik. A páros harmonikusok meg sem jelennek, de ez nem csoda, hiszen a túlvezérelt műveleti erősítőnek szinte tökéletes négyszögjel a kimenőjele. A Fourier transzformáció szerint viszont tudjuk, hogy a szimmetrikus négyszögjel *csak páratlan* harmonikusokat tartalmaz.

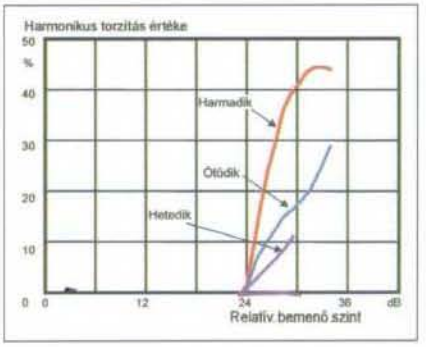
A fentiekben az előerősítők (mikrofonerősítők) torzítási komponenseit vizsgáltuk, figyelembe véve a bemenő jel tulajdonságait. A torzítás következtében keletkezett harmonikus komponensek és a szubjektív hangélmény között úgy tűnik egyértelműek a kísérleti alapon nyugvó megállapítások, melyek egy kis fogódzót jelenthetnek a többi, remélhetően megvalósuló további kísérlet számára.



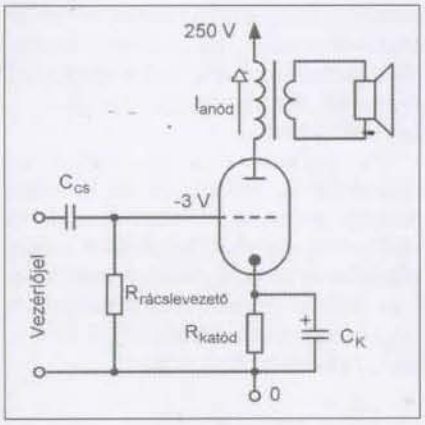
34. ábra. Triódás erősítő harmonikusai [17]



35. ábra. Pentódás erősítő harmonikusai túlvezérléskor [17]



37. ábra. Műveleti erősítő harmonikusai túlvezérléskor [17]



38. ábra. Triódás „A" osztályú teljesítményerősítő vázlata

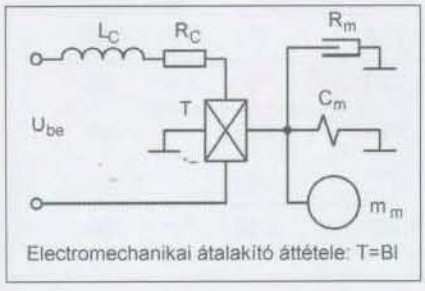
Az eddigi szubjektív tesztek során szerepelt még két eszköz, melyek tulajdonságai szintén meghatározóan befolyásolják a hangélmény minőségét, ez a teljesítményerősítő és a hangsugárzó.

A már korábban megismert „szabályok" felhasználásával kíséreljük meg a „csöves vagy tranzisztoros" kérdést megválaszolni a végerősítők témakörében is.

„A" osztályú triódás erősítő

A mikrofonerősítők minősítése során láthattuk, hogy az erősítők között lényeges különbség csak akkor adódott, ha jelentős túlvezérlés fordult elő, nincs ez másképpen a teljesítményerősítőknél sem. Egy gondosan megtervezett és kivitelezett digitális hangfelvétel eredménye lehet olyan hanganyag, mely tartalmaz korábban már említett jelcsúcsokat, vagyis a túlvezérlés lehetősége majdnem ugyanúgy fennáll, mint a mikrofonerősítők esetében.

A témát kissé leegyszerűsítve, nem foglalkozunk az „AB" osztályú erősítőkkel, ugyanis ezeknél főleg kis szinteken, messze a „clip" alatt is történnek torzítások. Nyilvánvalóan nem foglalkozunk a „D" osztályúakkal sem, hiszen itt már nem az analóg jelet, hanem az annak megfelelő PWM jelet erősítjük. (Nagyon sokszor, még a „majdnem szaklapokban" is a „D" osztályú erősítőt tévesen digitális erősítőnek nevezik.) A következőkben említésre kerülő példákban kizárólag „A" osztályú erősítők szerepelnek.



39. ábra. Az elektrodinamikus hangszóró helyettesítő képe

Az egyik kedvenc a mindössze egy triódát tartalmazó, „A" osztályú, visszacsatolás nélküli, „single ended" áramköri felépítésű erősítő erősen leegyszerűsített rajza a **38. ábrán** látható. Ez a kapcsolás annyira gyakori és kedvelt, hogy betűszó is kialakult az elnevezéséből: Single Ended Triode (power amplifier), vagyis SET.

A leadott hatásos teljesítmény csak néhány watt, figyelembe véve a maximum 25% (elméleti) hatásfokot, a transzformátor veszteségét, valamint a triódák szokásos (nem adócső) maximális disszipációs teljesítményét. Ehhez a teljesítményhez olyan hangsugárzó szükséges, melynek érzékenysége legalább 90-96 dB SPL.

A kapcsolás hanghűségét nagymértékben befolyásolhatja a kimenő transzformátor frekvenciaátvitele és torzítása. Erre a kapcsolásra nagyon igaz az a megállapítás: „jó az erősítő – ha jó a transzformátor. A jó frekvenciamenet eléréséhez a tekercsek rétegeződve helyezkednek el a szórt induktivitás csökkentése érdekében, továbbá alkalmazzák az osztott csévét is a szórt kapacitások csökkentésére. A transzformátor légréses, hogy az anódáram okozta egyenáramú mágnesezést elkerüljék. Emiatt, és a jó mágneses minőségű vas miatt, a transzformátor torzítása nem befolyásolja döntően az eredő torzítást, tehát a torzítást túlnyomóan a trióda vagy annak túlvezérlése okozza. Az viszont hangszererősítőknél előfordul, hogy készakarva telítésbe viszik a vasat, hogy egy, a gyártóra jellemző „különleges hangzást" állítsanak elő. Megállapítható tehát, hogy a torzítás igen jelentős része a trióda esetleges túlvezérléséből fakad, vagyis ugyanazok a megállapítások érvényesek a SET teljesítményerősítőkre, mint a mikrofon előerősítőkre.

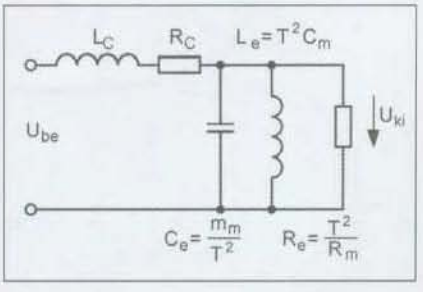
Az elektroncsöves mikrofon előerősítőkben gyakran alkalmaznak enyhe negatív visszacsatolást, kérdés, ezt miért nem találjuk meg a SET erősítőkben? A visszacsatolt jelet a hangszóróról kellene az erősítő bemenetére visszavezetni, tehát a transzformátor frekvenciafüggő fázistolása is szerepelne a visszacsatolt jelben. Ez a jel azonban tartalmazza még a hangszóróban indukált feszültséget is, amely szintén visszakerülne az erősítő bemenetére. A bemenetre visszavezetett indukált jel fázisa azonban eltér a bemenő jel fázisától, ráadásul a frekvencia függvényében változik is. Egy ilyen visszacsatolt jel létrehozná azt a torzítást (TIM), amit nagyon szeretnénk elkerülni.

Itt látszik a SIT eszközök nagy előnye, tudniillik, hogy nem szükséges kimenő transzformátor, ezért az ezzel járó kellemetlenségek elkerülhetőek. Ebből a megfontolásból tervezte meg Nelson Pass a maga visszacsatolást nem tartalmazó single ended SIT erősítőjét, amely a szubjektív tesztek szerint nagyon jól vizsgázott!

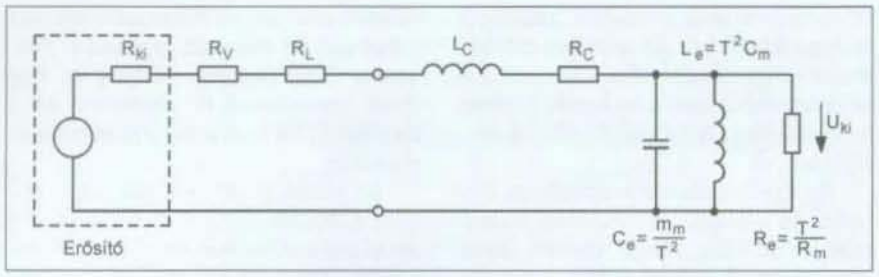
Hi-Fi körökben nagyon gyakran hangoztatott nézet, hogy a negatív visszacsatolás egy meglehetősen káros dolog, ezért lehetőleg elkerülendő. A megállapítás igazságtartalma akkor közelít a valósághoz, ha hozzáfűzzük, ez igaz, ha induktív reaktanciát tartalmazó terhelő impedanciáról csatolunk vissza. A hangszóró pedig egyáltalán nem ohmos terhelésként jelentkezik, kivéve egyetlenegy frekvenciát, a saját rezonanciafrekvenciát, amely alatt induktív, felette kapacitív jellegű az impedancia. A **39. ábrán** láthatjuk a hangszóró elektromechanikai modelljét, a **40 ábrán** pedig az ennek megfelelő elektromos helyettesítő képet.

Hogyan alakul ki a hangszórón a fázisban eltolt indukált feszültség? Amikor az erősítő kimenő feszültsége növekszik, a hangszóróban a lengőtekercs mozgása miatt olyan feszültség indukálódik, amely csökkenteni igyekszik a lengőtekercs kitérését és fordítva. Ennek eredménye pedig az, hogy a bemenő jellel nem lesz azonos fázisú az erősítő kimenetén kialakuló jel, hiszen a lengőtekercset elmozdító áram késik a feszültséghez képest.

„A" osztályú, single ended erősítő esetében ez az indukált feszültség a transzformátoron keresztül visszajut az anódra. Miért nem okoz ez TIM-t? Azért, mert az anódfeszültségtől kisebb mértékben függ az anódáram, mint a ve-



40. ábra. Az elektrodinamikus hangszóró elektromos helyettesítő képe



41. ábra. A hangszóró csillapítási tényezőjének (dumping factor) számításához

zérlő feszültségtől, és mert az anód-rács kapacitás is viszonylag kicsi. Emiatt csak nagyon minimális parazita fázistolt feszültség alakul ki az anódon és a rácson, ha nem alkalmazunk negatív visszacsatolást.

Miután a hangszóró egy mechanikai rezgőrendszer, igencsak hajlamos sajátrezgésre is! Ez azt jelenti, hogy ha a vezérlő jel nagy sebességű, akkor a membrán csak néhány rezgést követően éri el a vezérlő amplitúdónak megfelelő helyzetét. Ezt a „túllövést" igyekszünk különböző elektromos és mechanikai eszközökkel csökkenteni. Az elektromos eszköz a hangszórót meghajtó erősítő kimenő ellenállásának kis értéken tartása, negatív visszacsatolással.

A **41. ábrán** látható egy mélysugárzó megtáplálásának helyettesítő képe, ahol R_{KI} az erősítő kimenő ellenállása, R_V a hangszóróvezeték, R_L a hangváltó tekercsének veszteségi ellenállása, R_C pedig a lengőcséve ohmos ellenállása. Az L_C lengőcséve induktivitás a hangszóró néhányszor tíz hertz rezonanciafrekvenciáján rövidzárnak tekinthető. Ezért ennek a négy ellenállásnak a soros eredője kapcsolódik párhuzamosan a hangszóró veszteségi ellenállásával, vagyis ez az eredő ellenállás csillapítja a membrán rezgéseit. Ennek a csillapításnak számszerű jellemzője is van, a csillapítási tényező (dumping factor), amely megmutatja, hogy a hangszóró ellenállása 1 kHz-en hányszor nagyobb a vele sorosan kapcsolódó ellenállások eredőjénél.

A dumping factor számítása:

$$DF = \frac{R_H}{R_{KI} + R_{VEZ} + R_L}$$

A későbbiek során még használni fogjuk a három ellenállás összegét, ezért ezt nevezzük el $R_{EREDŐ}$-nek.

Ha megfelelően nagy keresztmetszetű hangszóróvezetéket alkalmazunk, illetve passzív hangváltó helyett aktívat használunk, akkor a csillapítási tényező értéke – jó közelítéssel – csak a hangszóró ellenállásától és az erősítő kimenő ellenállásától függ. A megfelelő negatív visszacsatolással tehát beállítható a csillapítási tényező értéke.

Elektroncsöves erősítőkben, transzformátoros csatolás esetében ez körülbelül DF = 1 és DF = 30 között változik, a negatív visszacsatolástól függően.

Sok cikkben megjelent, hogy a csöves-félvezetős erősítők hangzása közötti eltérést a félvezetős erősítők 1000-es nagyságrendű csillapítási tényezője okozza! Egy kis számolással derítsük ki ennek igazságtartalmát!

A hangszóró egy elektromechanikai rezgőrendszer, amelynek elektromos oldalra transzformált helyettesítő képe a 40. ábrán látható. A rezonanciafrekvencián, amely a hangszóró mechanikai sajátfrekvenciája, tapasztalható kiemelés a párhuzamos rezgőkör körjóságától függ (**42. ábra**) amelyet Q_T-nek (T = totál) neveznek.

A rezgőkör vesztesége mechanikai elemekből (a visszatérítő rugók veszteségei, membránt terhelő levegő) és elektromos elemből (lengőcséve ohmos ellenállása) tevődik össze. A szakirodalom definiál egy elektromos körjóságot (Q_E) és egy mechanikusat (Q_M), az eredő Q_T a kettő replusz értéke:

$$Q_T = \frac{Q_E x Q_M}{Q_E + Q_M}$$

Ha Q_E értékét különböző csillapítási tényező értékekre kiszámoljuk, ebből pedig Q_T értékét, a **43. ábra táblázat**ában szereplő eredményt kapjuk:

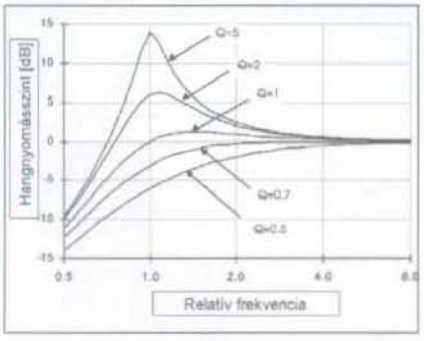
A csillapítási tényező 100-1000-es értéke a félvezetős erősítőknek felel meg, az 1-es érték pedig körülbelül a „single ended" triódás erősítőnek. Tehát nem túlvezérelt állapotban is létrejön a „lágy basszus", de itt a hangszóró kiemelése (2,54 dB) miatt, vagyis nem mindegy, milyen lehallgató rendszeren teszteljük elkészített erősítőinket.

A Q_T értéke hangszóró specifikus, de a hangsugárzó tervezésnél lehetőségünk adódik az eredő, a hangdoboznál elérni kívánt körjóság beállítására.

Végezetül kimondhatjuk, hogy körülbelül 20-as csillapítási tényező felett tökéletesen mindegy, hogy mekkora az adott erősítő ezen paramétere, tehát semmi járulékos hatása sincs a félvezetős erősítők több százszoros csillapítási tényezőjének!

A félvezetős erősítő

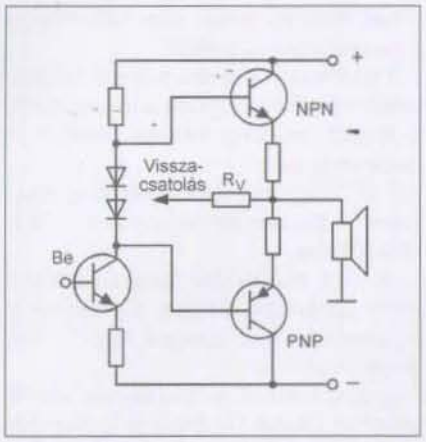
A '60-as évek végén, '70-es évek elején jelentek meg a félvezetős teljesítményerősítők, eleinte germánium



42. ábra. A hangszóró hangnyomás növekedése Q_T függvényében

Damping factor	$R_{EREDŐ}$ [ohm]	Q_T	G_{MAX} [dB]	T_{LE} [ms]
Végtelen	0	0,707	0	40
1000	0,008	0,708	0	40
100	0,08	0,714	0,0015	40
10	0,8	0,77	0,11	43
1	8	1,22	2,54	69

43. ábra. Táblázatban a hangszóró hangnyomás növekedése (G_{MAX}) és az impulzus lecsengési ideje (T_{LE}) a rezonanciafrekvencián [20]



44. ábra. Ellenütemű, komplementer tranzisztoros, emitterkövetős erősítő

tranzisztorokból felépítve, később már a megbízható szilícium tranzisztorokat alkalmazva.

Az elektroncsöves erősítők gyenge pontja az elektroncső kimenő impedanciáját a hangszóró impedanciájához illesztő kimenő transzformátor, ezt szerették volna a konstruktőrök elkerülni a tranzisztoros erősítőknél. A tranzisztorok kimenő ellenállása földelt kollektoros kapcsolásban kis érték, kézenfekvő volt tehát az emitterkövető kapcsolás alkalmazása. Egy „szokásos" kapcsolást ábrázol egyszerűsítve a **44. ábra**, ahol a munkapont beállításától függően beszélhetünk „A" vagy „AB" osztályú működésről.

Az ábrán látható R_V ellenálláson keresztül csatolódik a kimenőjel a bemenetre, ennek a visszacsatolásnak köszönhetően javul a kapcsolás frekvenciaátvitele, torzítása, csökken a kimenő ellenállása. A kimenő ellenállás csökkentése fontos, hiszen a hangszórót feszültséggenerátorosan célszerű meghajtani. Kíséreljük meg kikövetkeztetni, milyen jellegű feszültség alakul ki a kimeneten, aminek egy részét az R_V ellenálláson keresztül visszacsatoljuk a bemenetre?

A hangszóró tekercsében indukált, fázistolt feszültség az emitterkövető kapcsolású végerősítő emitterére kerül vissza, amely a bázis-emitter vezérlőfeszültség egyik pontja! Vagyis még visszacsatolás nélkül is egy, az eredeti vezérlőjelhez képest eltérő fázisú vezérlőfeszültség is megjelenik a végtranzisztorokon. Ezt a jelet negatív visszacsatolásként a bemenetre vezetve *előállítottuk a tökéletes tranziens intermodulációs torzítást!*

Hogyan lehetne ezt a hatást megszüntetni? A válasz egyszerű, csak példát kell venni a „jó, öreg elektroncsövekről", és a terhelést nem a közös emitterekre kell helyezni, hanem az anódnak megfelelő kollektorokra (**45. ábra**)! Ezzel a kapcsolástechnikával az indukált feszültség közvetlen vezérlő hatása megszűnik.

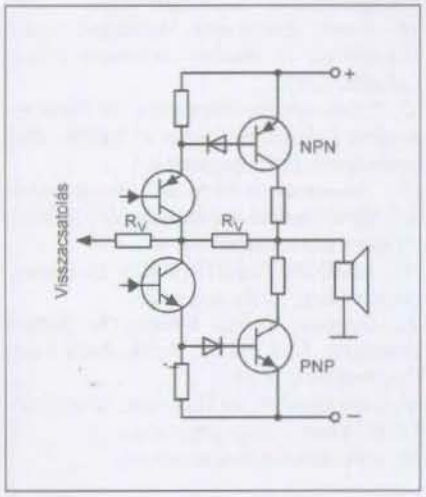
Ezt konstrukciót a német ABACUS cég kezdte fejleszteni 1985-ben. Azóta folyamatosan javítják az erősítő kapcsolástechnikáját, ma (2019) ott tartunk, hogy a cég le meri írni a specifikációban a nulla kimenő ellenállást. Tehát az erősítő „tökéletes" feszültséggenerátor, ami azt jelenti, hogy kimenő feszültsége független a komplex terheléstől.

Ezt úgy érik el, hogy figyelik a hangszóróban indukálódott feszültség fázisát és nagyságát, és ezzel arányosan, állandóan változó áramot „pumpálnak" a hangszóróba, illetve a hangszóróból, akkorát, hogy az erősítő kimenő feszültsége állandó maradhasson. Emiatt nevezik ezt a fajta erősítőt transzkonduktancia erősítőnek. A gyártó szerint, az eljárásnak köszönhetően megszűnik a membrán túllendülés, és a rezonanciafrekvencián tapasztalható nyomásnövekedés sem fordul elő.

Az ABACUS 60 120D DOLIFET erősítő jellemzői [22]

(DOLIFET: Drain Output Load Independent Field Effect Transistor)

– Kimeneti ellenállás: 0 ohm
– Kimeneti jel 100%-ban negatív visszacsatolt
– Csillapítja a membrán lengését
– Audiora optimalizált műveleti erősítők a jelútban
– Három, kiváló minőségű, külön tápegység a vezérléshez és a jelfeldolgozáshoz
– Háromszorosan szűrt tápegység a teljesítményerősítők számára
– Teljesen zajmentes bekapcsolás és kikapcsolás a szilárdtestrelének köszönhetően
– Tápegység a kimeneti szakaszokhoz 225 VA toroid transzformátorral és nagyobb kimeneti feszültséggel, a töltési kapacitás 40 000 uF
– Átkapcsolható sztereó/BiAmp/monó váltás (monoblokk. kettős kimeneti feszültséggel)
– Vonalbemenet az RCA-csatlakozón
– Szimmetrikus bemenet az XLR-csatlakozón
– Rendkívül magas hatásfok
– Mikrokontroller vezérlés a túlterhelés elleni védelemhez speciális védőkörrel, minden egyes erősítőhöz
– Túlmelegedés elleni védelem a tel-



45. ábra. ABACUS konstrukciójú erősítő részlete

Tápegység:	230 V AC, IEC csatlakozó
Energiafogyasztás, automatikus üzemmód:	kb. 0,4 VA
Energiafogyasztás, vezérlés nélkül:	kb. 16 VA
Maximális energiafogyasztás:	kb. 250 VA
RMS teljesítmény, csatornánként:	kb. 110 W
Zenei teljesítmény, csatornánként:	kb. 180 W
Tápegység-kapacitás:	2 x 20 000 uF
Teljesítmény sávszélesség:	4 ... 150 000 Hz (-3dB)
Bemeneti jelszint, maximum:	30 Vpp
Bemeneti impedancia:	kb. 50 kohm
Méretek, ház (szé. x mé. x ma.):	435 × 306,5 × 70 mm

46. ábra. Táblázatban az ABACUS 60 120D DOLIFET műszaki adatai

jesítményerősítőben és a transzformátorban
– A bekapcsolási zaj elnyomása
– Automatikus bekapcsolás, állítható kapcsolási küszöbértékkel
Az erősítő főbb műszaki adatai a **46. ábra táblázat**ában találhatók.

Meghallgatási teszt (részlet)

ABACUS 60 120D DOLIFET teljesítményerősítő, Test-Fazit: Abacus 60-120D Dolifet, Jochen Reinecke (részlet) [21]:

* mélyen és agilisan hangzik a basszus, jól illeszkedő középsávval;
* középtartományban feloldódik, általában a drágább erősítők minőségét adja, ezen a területen valamivel több azoknál, például húrok és fafúvós hangszerek tekintetében;
* semleges a felhang tartományában, ám kétségtelenül világos, tiszta, ebben az árkategóriában ritkán található dinamikát és agilitást mutat fel;
* minden hangforrás határozottan differenciált térbeli reprodukcióját adja és pontos lokalizációját kínálja. Ez igaz a hangkép szélességére és mélységére, különösen a futási időn alapuló sztereó felvételek esetében;
* meglehetősen élettel teli, kényelmes hangzású, és a hallgatót a cselekvés közepére helyezi.

Az ABACUS erősítőteszt és a cikkben szereplő további tesztek is megkísérlik szavakkal körülírni az illető szerkezet által nyújtott hangélmény minőségét. Valljuk be őszintén, a felsorolt jellemzők alapján nem tudnánk kiválasztani közülük a számunkra megfelelő erősítőt. Marad tehát a jövőbeli vágy és feladat, hogy a hangminőséget egyértelműen és objektívan számokkal, karakterisztikákkal fejezhessük ki. Ehhez még sok kutatás szükséges, melyek során hallásunkat még jobban meg kell ismernünk, az ismeretek alapján élethű modellt kell alkotni, mely alapján a számítások elvégezhetők lesznek!

Ha itt tartunk, essen néhány szó a tesztelés módszereiről! A különböző magazinokban megjelent értékelések általában nem összehasonlító tesztek, hanem egy csoport meghallgatja a teszt objektumot és véleményezi. A szakirodalom az ilyen tesztben résztvevőket nevezi „aranyfül"-nek, ugyanis csak egy nagyon különleges képességű ember tud pontosan emlékezni egy valamikor megtörtént hangélményre. De, valóban képes erre egy átlagember? A válasz egyértelmű *nem*, és az „aranyfül" meghatározás az esetek többségében pejoratív értelmű!

Az egyik megoldás az összehasonlító vakteszt (AB teszt), de még ez sem száz százalékos, itt is a statisztika dönt a végén, vagyis nincs abszolút igazság!

Azt, hogy egyáltalán különbözik-e két erősítő hangzása egymástól, az ABX vakteszt segítségével viszonylag korrekt módon eldönthető. Ebben az esetben egymás után hallgatják a tesztelők az A és B erősítőket, utána az X következik. A hallgatóknak meg kell határozni, hogy az X hangzása vajon az A vagy a B erősítőjéhez hasonlít e? A teszt feladata kideríteni, hogy melyik két erősítő hangzása hasonlít egymásra, a lebonyolítás módja, valamint az erősítők váltogatása különbözhet. Természetesen ebben az esetben is a statisztika dönt, a megfelelő arányú többségi szavazatot fogadjuk el eredménynek.

Mindkét tesztmódszer legjobb verziója a kettős vakteszt, amikor sem a teszt alanyok, sem a lebonyolító személyzet nem tudja a váltogatás sorrendjét, de még a tesztobjektumok típusát sem, ezáltal még minimális információ (grimasz, sóhajtás, mosoly) sem jut el a teszt alanyaihoz a tesztelendő készülékekről.

Bátran kijelenthetjük, hogy a szubjektív teszt bár ad információt, de nem tudja megfelelően minősíteni az adott hangélményt.

Foglaljuk össze röviden az eddig megismert érveket, ismereteket az elektroncsöves és félvezetős erősítők hangzására vonatkozóan:

– Ha nincs túlvezérlés, nincs különbség a hangzások között, de szinte mindig előfordul túlvezérlés, igaz, ha kis időtartamra is.
– Erős túlvezérlésnél is élvezhető hangzást produkál a trióda, elsősorban a „kompresszor hatás" miatt kialakuló erős második, illetve kisebb harmadik harmonikus hatására.
– A triódás erősítő, ha második harmonikust termel a túlvezérlés során, hangosabbnak hallatszik a hanganyag.
– A tranzisztor, de főleg a műveleti erősítő jobbára csak páratlan harmonikusokat termel túlvezérlésnél, ez eredményezi a „fedett", „éles", „metsző" hangzást.
– A hangszóró, mint komplex impedancia TIM torzítást okozhat a negatív visszacsatolás miatt.
– A dumping factor értéke körülbelül 30-as érték felett már nem befolyásolja a hangszóró csillapítását.
– A tranzisztoros emitterkövetős teljesítményerősítő elvileg sem a jó megoldás, a földelt emitteres változat viszont jó eredményt adhat.
– A SIT nagy előrelépést jelentett, megszűnt a kimenő transzformátor a SIT-erősítőkben.
– A SIT triódaszerű karakterisztikája miatt ugyanúgy létrejön túlvezérlésnél a „dinamika kompresszor hatás", mint trióda esetében.
– Nem véletlenül, méltán nagyra becsült erősítő a Digital Do Main B-1a SIT erősítője, „A" osztályú, ellenütemű erősítő, földelt source-kapcsolásban.
– Még a mai időkben is lehetséges technikai újdonság alkalmazásával javítani az erősítő hangzásán (ABACUS DOLIFET).

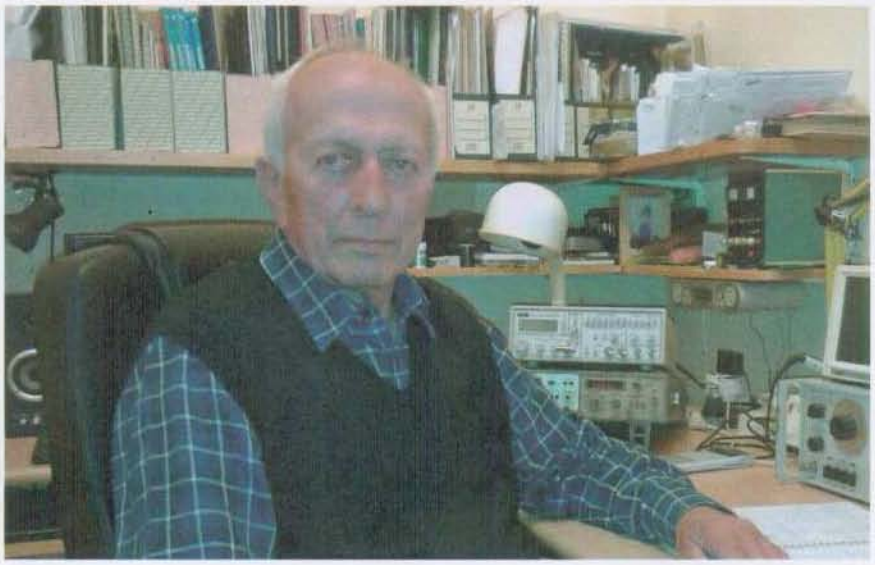
Felhasznált irodalom:

1. YAMAHA B-1, Audio Magazine, Aug. 1975
2. SONY INDUSTRIES Hi-Fi Technical Support 47-47 Van Dam Street, Long Island City, New York 11101 (SONY TA-N7B) 1978.
3. The Sony VFET Amplifier 40 Year Commemorative By Nelson Pass 2013.
4. Parametric SPICE Model for Static Induction Transistor (SIT) in triode mode of operation, Goce L. Arsov, 2014.
5. Amplimos website 2018.
6. The WintageKnob.org 2016.
7. HI-FI WORLD 2009. dec.
8. http://www.digital-do-main.co.jp
9. Techradar 2009. november
10. www.firstwatt.com
11. SIT-1 Power Amplifier, First Watt 2011.
12. SIT-2 Power Amplifier, First Watt 2012.
13. SIT-3 Power Amplifier, First Watt 2018.
14. HiFi Engine 2006-2018
15. hometheater review.com
16. Power Electronics Handbook, editor Muhammad H. Rashid, Academic Press, Canada, 2001.
17. Tubes versus Transistors: Is There An Audible Difference, Russel o. Hamm, AES conference, 1973. september
18. www.elektronikinfo.de Verzerrungen den verschiedene Verstarkers, dr. Christian Caspari, 2012. september 9.
19. ABACUS ELECTRONICS Emittervolgerschaltung, 2009. augustus
20. Damping Factor: Effects On System Response, Dick Pierce, Professional Audio Development, 2002.
21. www.fairaudio.de Test-Fazit: Abacus 60-120D Dolifet, Jochen Reinecke
22. www.abacus-electronics.de

Szubjektív szakmai életrajztöredékek

Írta: Csiszár János
okl. villamosmérnök,

csiszarjanos@t-online.hu



Sajnos, nem tudom úgy kezdeni, hogy „már kiskoromban is foglalkoztatott az elektronika". Édesapám vegyészmérnök volt, ez pedig indokolta, hogyha otthon valamilyen szakmai dologról esett szó, az csak a vegyészet lehetett. Eleinte közepes energiával igyekezett megszerettetni velem ezt a szakmát, de hála a jó pedagógiai érzékének, hamar rájött, hogy ezt nálam nem érdemes erőltetni. Volt még egy próbálkozása a mechanikai szerkezetek, gépek területén, míg végül kikötöttünk az elektronikánál. Az utcánkban lakott „Juhász bácsi" rádiószerelő, akit együtt meglátogattunk, majd vállalta, hogy a szárnyai alá vesz engem. Nagyon sokat tanultam tőle, és rendszeresen ajándékozott nekem kincsnek tűnő alkatrészeket. Egy ilyen ajándék volt az alapja – emlékeim szerint – első „munkámnak", egy elektromechanikus „zümmer"-rel készült riasztónak. Ez a szekrényem ajtajára szerelve az ajtó kinyitására jelzett, hogy húgom vagy nővérem illetéktelen behatolásaira fény derüljön.

1962-ben, az általános iskola befejezése után felvételi vizsgát tettem a „Kandó"-ba, tisztességes nevén Kandó Kálmán Híradás- és Műszeripari Technikumba. A technikum értesítője nagyon elkeserített, ugyanis „helyhiány miatt nem nyert felvételt" állt a levélben. Én elkeseredtem, de édesanyám nem hagyta annyiban, kijárta, hogy elmehessen az igazgatóhoz. Ő megmutatta édesanyámnak a felvételi dolgozatomat, melynek az aljára volt írva az elért pontszám: 81. Az íróasztalon volt még egy papírlap, amelyen nevek, pontszámok szerepeltek, pirossal bekarikázva a felvett személyek nevei, pontszámai. Feltűnt édesanyámnak, hogy egy 27 pontos illető is felvételt nyert, míg az ő fiacskája el lett utasítva. Nem kellett több, rögtön az illetékes miniszternek írt levelet, melynek első sorára mai napig emlékszem: „Egy fia sorsáért aggódó anya ír Önnek...". Nem lehet tudni, milyen okból, de végül felvételt nyertem a technikumba. A történet pikantériája az, hogy a „27 pontos" diákkal egy osztályba jártam, a technikum elvégzése után egy percig sem gyakorolta a szakmát (talán jobb is), ma pedig egy magát sikeres politikusnak gondoló emberként éli életét...

A Kandó nem véletlenül volt az akkori idők egyik elit iskolája, nagyon sok sikeres szakember mondhatta, mondhatja el magáról: „A Kandóban végeztem". Az elméleti tananyag felépítése mintaszerűen kiváló volt, bár akkor még nem értettem, hogy a vasszén állapotábrát miért kell ismerni egy elektromos szakembernek? Az elméleti oktatást olyan nevek fémjelezték, mint például Pesthy Ernő tanár úr az „Elektrotechnika" tantárgy oktatója, Brückner János „Rádiótechnika" órái lenyűgözték az embert, Szini István tanár úr pedig a „Műszerelemek" tantárgy oktatásával alakította ki a lényeglátó, technikusi gondolkodást bennünk. Mai napig emlékezetesek a mechanikai készségünket fejlesztő „Műhelygyakorlat" napok, a kalapácskészítéssel, csipesz, pontozó, hidegvágó stb. gyártással.

Számomra érthetetlen, hogy miért kellett a '60-as évek közepén megszüntetni a technikumokat, és helyettesíteni azokat szakközépiskolákkal?!

Ebben az időben kezdtem vonzódni a hangtechnikához, egy barátom ötlete kapcsán, aki elhatározta, hogy basszus reflex hangsugárzó építésébe von be engem. Persze akkor még az elméleti tudás hiányzott, de lelkesen fűrészeltük a villanyszerelő csőből készült bassreflex csövet, és áhítattal hallgattuk az eredményt! Engem elsősorban a hang rögzítése érdekelt, és elhatároztam, hogy építek egy magnetofont, elektroncsöves erősítővel. Egyik barátom tulajdonosa volt egy „Mambó" magnónak. Ez a mechanikai kialakításhoz nagy segítséget jelentett, az elektronikát pedig egy-az-egyben lemásoltam róla. Nagy öröm volt, mikor az első felvétel elkészült, majd a hangminőség javítása okán beleástam magam a mágneses hangrögzítés rejtelmeibe is. Nagyon sokat tanultam a „Juhász bácsi"-tól kapott szakújságokból, a „Rádiótechnika" folyóiratból, és az ez idő tájt megjelent E. Aisberg könyvekből. Érettségi előtt határoztam el, hogy tervezek és építek egy telepes, szalagos magnetofont. Szerencsémre az Ezermester Boltban kapható volt egy GK26 Dunker motor, amelyet pontosan ilyen célra gyártottak. Tanulmányaimnak köszönhetően szabályos műszaki rajzok készültek a mechanikai alkotó elemekről, majd anyagbeszerzés, vágás, reszelés, fúrás, esztergálás után készen volt a kis magnó mechanikája. Érdekes, hogy a technikumban tanultak és a gyakorlati oktatás megszerettette velem a mechanikai elemek tervezését, kivitelezését, amelyekről korábban hallani sem akartam! Egyedül a lendtömeg-meghúzó tengely gyártására kértem meg egy ismerőst, mert számomra ez még túl nagy feladat lett volna. Az elektronika is elkészült az akkor itthon kapható félvezetőkkel, majd a „szokásos" hibák kijavítása után mű-

ködött is a kis telepes magnó. Büszkén vittem mindenhová, ahová csak lehetett, hiszen akkoriban keveseknek volt ilyen kis készülékük.

Érettségi után jelentkeztem a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karára, ahová elő-felvételis hallgatóként felvettek, vagyis előtte tizenegy hónapig a honvédség „vendégszeretetét" élveztem.

A BME-en nagyon szerencsésnek éreztem magam, hogy olyan oktatóktól tanulhatok, mint Simonyi Károly professzor úr, aki az „Elektronfizika" és a „Villamosságtan" tárgyakat oktatta, vagy Dr. Ferenczy Pál tanár úr, aki a „Híradástechnika" tantárgyat szerettette meg velünk. Matematikát oktatónk, dr. Frey Tamás is mindent megtett annak érdekében, hogy a nem könnyű tananyagot elsajátítsuk. Mai fejjel gondolkozva –, és mint ma is oktató ember –, talán azt hiányolom, hogy a matematika gyakorlatokon nem hívták fel figyelmünket az adott matematikai tétel villamosmérnöki gyakorlati hasznára, mint pl. a mátrixszorzás, vagy a Fourier-tétel, a különböző matematikai sorozatok, transzformációk. Ezen információk birtokában egy-egy anyagrész sokkal közelebb állt volna hozzánk, hiszen láttuk volna a későbbi gyakorlati hasznát a száraz matematikai levezetéseknek.

1972-ben diplomáztam jeles eredménnyel, munkahelyemnek pedig a Pannónia Filmstúdiót választottam, ahol „hangtechnikai mérnök" beosztásban kezdtem el dolgozni. A munkakör elnevezése ügyesen foglalta egybe az üzemeltetési, karbantartási és fejlesztési tevékenységet, amit nem bántam, hiszen csak az tud fejleszteni, aki ismeri a technológiát, ezen belül pedig a meglévő hangfelvételi technika hiányosságait.

A Pannónia Filmstúdióba történt jelentkezésemet erősen motiválta a hangrögzítési technika sokfélesége, ami a stúdióban elérhető volt. Első komolyabb feladatomul egy Siemens magnetofon frekvencia-átviteli hibájának kiküszöbölését kaptam. A kapcsolási rajzot tanulmányozva rájöttem a szükséges változtatásra, és nem kevés ráfordított idővel kiszámoltam, melyik ellenállással kell egy adott értékű ellenállást párhuzamosan kötni. Izgalommal szedtem szét a felvevő erősítő árnyékoló dobozát, majd nagy csalódásomra a panel forrasztási oldalán az általam kiszámolt ellenállást láttam azon a helyen már gyárilag beforrasztva!

Szerencsére kevés ilyen jellegű meglepetés ért, de annál több sikerélmény. 1973-ban kezdődött a Filmstúdió négy hangfelvételi és egy keverési célú stúdiójának felújítása, amely a régi berendezések cseréjét is jelentette. Feladatom volt az új, korszerű keverőasztalok, magnók, hangsugárzók, mikrofonok kiválasztása, a műszaki paraméterek egyeztetése a külföldi céggel, majd a nagyobb berendezések (keverőasztalok, magnók) műszaki átvétele a szállítás előtt. Elkészítettem a stúdiók rendszertervét, valamint a kiviteli terveket, kábelhúzási, bekötési rajzokat is. Izgalmas feladatnak bizonyult a bekötések utáni „élesztés". Elektromos mérésekkel megtalálni egy fázisban rosszul bekötött hangfrekvenciás kábelt, vagy egy rossz forrasztás miatt kialakuló zárlatot! Közvetlen munkahelyemen, a Hangosztályon pedig végeztük a stúdió munkájához elengedhetetlen, de elavult berendezések helyett újak fejlesztését, gyártását. Így készült minden stúdióba új, tetszés szerint konfigurálható intercom berendezés, hibrid integrált áramkörös teljesítményerősítő, telefonhangot utánzó EQ, mágnes hang és optikai hang lejátszó előerősítő. 1976-tól mint a Hangosztály vezetője terveztem és irányítottam a felújítási-fejlesztési feladatokat, de természetesen az üzemeltetést is.

Terveim alapján készült 1984-ben egy PPM kivezérlést mérő műszer, amely műszaki tartalmában szinte megegyezett az akkor piacvezető cég, a dán NTP hasonló termékével. Ezután minden stúdióban megbízható, pontos kivezérlésmérő üzemelt, segítve a precíz hangfelvételt. Ugyanakkor például alkalmam volt megtervezni egy vetítőgép motorjának kvarcpontosságú sebesség-vezérlését is, vagyis nagyon változatos, érdekfeszítő munkakörben dolgozhattam A felsorolt néhány feladat csak egy apró részét képezi a huszonhat év alatt a Stúdióban elvégzett berendezés fejlesztéseknek.

A nyolcvanas évek végén egy új korszak kezdődött a Filmstúdióban, bevezetésre került a Nyugat-Európában már alkalmazott videoszinkron technológia. Ennek jelentése az volt, hogy már nem vetítőgép vetítette a szinkronszínészeknek a képet, hanem egy videomagnó, az akkori idők „igáslova", a UMATIC formátumú berendezés. A kép-hang szinkronfutását már nem háromfázisú „selsyn" kapcsolású motorok biztosították, hanem mikroprocesszorral vezérelt berendezések. Ez a fejlesztés is alátámasztotta számomra azt az örök igazságot, amit mai szóhasználattal élethosszig tartó tanulásnak nevezünk.

A Filmstúdió szinte minden egységében történt valamilyen korszerűsítés. Megteremtettük a Dolby Stereo filmkeverés lehetőségét, amelynek technológiáját az előírások szerint sikeresen akkreditáltattuk a Dolby céggel. A Dolby Stereo keverő stúdió új berendezéseinek meghajtó motorjai már nem a 3×220 voltos „ROTOSYN" szinkron felfutást biztosító hálózatáról működtek, hanem szabványos kétfázisú TTL-jel volt a vezérlőjel. A Hangosztályon ezért már korábban elindult egy fejlesztés, melynek végeredménye egy mikroprocesszor (Z80) vezérelt szinkronfutást biztosító berendezés lett.

A „nemzetközi hang" –, amely csak zörejeket, effekteket, zenét, azaz nyelvtől független hangot tartalmaz –, nagyon ósdi technológia szerint készült a stúdióban. A kész film optikai hangját átjátszották mágnesszalagra, a magnóhangból kitörölték a dialógusokat tartalmazó részeket, így megmaradt a nemzetközi hang. Persze volt olyan szakasz, ahol pl. zörej és dialóg együtt hangzott el, ilyenkor a zörejtárból pótolták az illető hangeffektust. Ha ez nem állt rendelkezésre, akkor a film hangjából mentettek ki szalagra egy kis részt, amely még mentes volt a dialógtól. A magnószalagból hurok készült, így tetszőleges időtartamú hangeffekt állt rendelkezésre.

A nemzetközi szalag készítés kiinduló anyaga, a filmkópiáról készült kevert mágneshang meglehetősen rossz minőségű volt, ezért új technológiát dolgoztam ki a „nemzetközi hang" készítésére. Ennek alapját egy MIDI sampler képezte, amely analóg hangfelvételi lehetőséggel is rendelkezett. A felvétel elkészülte után a hanganyag elektromosan végteleníthető volt, így lehetett szükséghelyzetben a film hangjából a régi módszer szerint kimenteni a speciális effekteket. A samplerhez rendelkezésre állt egy effektkönyvtár, az akkori idők technikája szerint „kis floppyn". A rendszerhez tartozott a master keyboard, amelynek billentyűire előre be lehetett programozni a film zörejeinek, effektjeinek teljes sorozatát. Ezután csak egy jó ütemérzékkel rendelkező munkatársra volt szükség, aki a videomagnó képét figyelve egy próba után „lezörejezte" a teljes filmet.

1992-ben betéti társaságot alapítottam, melynek tevékenységi körébe tartozott a stúdióberendezések fejlesztése, gyártása, video- és hangstúdiók tervezése, installálása. A megvalósult feladatok közül csak néhányat említenék:

– Terveim alapján készült többek között az MTA videostúdiójának re-

konstrukciója során a műszaki helyiségek mikrokontroller vezérlésű duplex kommunikációs rendszere, valamint a Juventus rádió stúdiójának korszerűsítése.az FM adás elindulásakor.

– 1999-ben terveztem és installáltam a Balogmix Stúdió Kft. hangfelvételi és keverő stúdióját, ugyanebben az évben a Pólus Center Fortuna videostúdió hangfrekvenciás hálózati terveit készítettem. Szintén 1999-ben terveztem és helyeztem üzembe Magyarország első digitális filmhangátíró rendszerét a Magyar Filmlaboratóriumban, majd 2002-ben az ország második digitalis filmhangátíró munkahelyét a KODAK-Focus Fox Stúdióban.

– 2002 és 2004 között terveztem és készítettem el a Zsigmond Király Főiskola előadótermeinek hangosító és kommunikációs rendszerét, valamint a gyakorló video- és rádióstúdiót. 2008-ban alakítottam ki a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai Kar gyakorló hangfelvételi és rádió stúdióját, majd szintén 2008-ban a kecskeméti Polgármesteri Hivatal dísztermének hangosítását készítettem.

1992-ben neveztek ki a Pannónia Filmstúdió (akkor már Videovox Stúdió) főmérnökévé, amely tény a szakmai munkámban viszonylag kevés változást hozott, annál többet az általam „különösen kedvelt" adminisztrációs tevékenységben.

1994-ben kerestek meg a Gödöllői Agrártudományi Egyetem Gépészmérnöki Karáról, hogy vállaljak oktatói tevékenységet az akkor létrehozott Kommunikáció-Technikai Mérnöki Szakon. Elvállaltam a felkérést és 1995-től oktattam a „Hangtechnika" című tárgyat, mint óraadó tanár.

Munkahelyemet, a Videovox stúdiót 1996-ban privatizálták, itt terveztek létrehozni egy új televíziós csatornát. Természetesen én, mint a korábbi főmérnök nem maradhattam beosztásomban, bizonyos humánpolitikai szempontok miatt. Egy lelkes, fiatal csapat érkezett, hogy a filmstúdió műszaki természetű ügyeit intézze. A lelkesedés és az önbizalom töretlen volt, de filmstúdióval kapcsolatos tapasztalatuk viszont annál kevesebb. Az igazgató előrelátó vezetőként nem akart zsákutcába futni fiatal csapatával, ezért a volt főmérnököt a cégnél tartotta új beosztásban. Így lettem videoüzletágvezető. Feladatom a korábban elindult VHS sokszorosító egység gazdasági és műszaki üzemeltetése, későbbi fejlesztése volt. „Tanácsadói" jelleggel továbbra is a főmérnök feladatait végeztem.

1998-ban kiderült, hogy a létesítendő TV csatorna nem tud betörni a magyar médiapiacra, ezért elkezdték a cég szép lassan történő leépítését. A videosokszorosító üzem első helyen szerepelt a megszüntetendő egységek között, ami számomra azért volt érthetetlen, mert az egyetlen nyereséges részleg volt az egész vállalatnál!

December 31-én megszűnt az állásom a Videovox Stúdiónál, amely tény nagyon nehéz helyzetbe hozta családunkat, ugyanis ekkor már egymagam neveltem két tizenéves fiamat. Mindenképpen valamilyen állásmegoldást kellett találni, méghozzá olyat, amely iskolaszünetben szabaddá tesz, hogy a fiaimmal lehessek. Erre a problémára a megoldást csak egy oktatói állás jelenthette, ezért érdeklődtem a gödöllői Szent István Egyetemen, ahol óraadóként foglalkoztattak eddig. Nagy örömömre igennel válaszoltak, és felvételt nyertem egyetemi adjunktusi beosztással.

Bő nyolc évig egyebek mellett a „Hangtechnika", a „Híradástechnika" és a „Videotechnika" tantárgyakat oktattam, és elkészítettem azok jegyzetét, biztosítva ezzel a hallgatók jó felkészülési lehetőségét. A Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar, Kommunikáció-Technika Mérnöki Szak végzős hallgatóitól, oktatói tevékenységem elismeréseként, 2001-ben és 2002-ben aranygyűrűt kaptam. 2008-ban tüntettek ki a „Magyar Felsőoktatásért" emlékplakettel a Szent István Egyetemen végzett oktatói tevékenységemért. Aztán 2007. december 30-án nyugdíjba vonultam, de oktatói tevékenységemet 2011-ig folytattam.

2007-től a mai napig oktatom a „Hangtechnika 1" tárgyat a Színház és Filmművészeti Egyetemen a hangmester hallgatóknak, szerződéses óraadói státuszban. A Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai Karán szerződéses, mérésvezető tanárként alkalmaztak 2007-től 2015-ig. Szintén a PPKE Információs Technológiai Karán oktattam 2009-től 2015-ig az „Internetes médiakommunikáció" tárgy keretén belül a hang- és videotechnikát.

Közel huszonöt éves oktatói tevékenység után az ember önkéntelenül igyekszik mérleget vonni magában az általa végzett oktatás hatékonyságáról. Erre lehet mondani, hogy kettőn áll a vásár, vagyis az oktatásban a tanár és a hallgató közös munkája hozza meg a remélt eredményt. A tanár saját szereplését nem értékelheti, ezt megteszik helyette a hallgatók és a felelős szakmai vezetők. A tanár viszont a tőle elvárható objektivitással véleményezni tudja hallgatói felkészültségét, szorgalmát, tudásvágyát. Tapasztalatom szerint nem állunk túl jól ezen a téren, mert a felsorolt tulajdonságok évről évre egyre kevesebb hallgatót jellemeznek. Reménykedésre okot adó, üdítő kivételek szerencsére vannak, jelenleg is egy ilyen csoporttal dolgozom. Az pedig, hogy miért ez a tendencia, remélhetőleg előbb-utóbb kiderül. Addig csak találgatni lehet, hogy talán a média hatása, a családi élethelyzet megváltozása, vagy éppen a példakép hiánya, vagy az erősen felgyorsult világunk okozza ezt a nem pozitív irányú változást a fiatalok tanulással, tudással kapcsolatos viselkedésében.

Visszatérve a Videovox Stúdió (volt Pannónia Filmstúdió) történetére, a stúdiót elsőként privatizáló cég megvált a stúdiótól, továbbadta egy másik csoportnak. Hogy mi volt a célja az új tulajdonosnak, nem tudni, csak a szóbeszédre lehet alapozni. A hírek szállodaépítésről, később magán orvosi centrum létrehozásáról szóltak. Szerencsére ezek a tervek, ha léteztek is, megbuktak azon a tényen, hogy az épület egy Ybl-díjas, műemlék védelem alatt álló objektum. Nagyjából tíz év telt el, hogy az épülettel, telekkel semmi sem történt, ennek megfelelően az állapota igencsak leromlott. Szerencsére újabb befektető jelentkezett, akinek tervei között szerepelt olyan alternatíva is, hogy az épületet felújítják. A terv az volt, hogy eredeti feladatát, tehát hangstúdió jellegét megtartva, később bérbe adják hanggal és képpel foglalkozó cégeknek.

Őszintén örültem, amikor 2017-ben meghívót kaptam az újjáépült stúdiókomplexum ünnepélyes megnyitójára. A megnyitó tartalmában, hangulatában tökéletesen igazodott az örömteli eseményhez, amely egy igazi hangstúdió újjászületését jelentette. Különös jelentőséggel bírt számomra az a tény, hogy az öt stúdióból kettőben egy volt tanítványom rendezett be és üzemeltet sikeresen egy európai szintű dialóg- és zenefelvételi stúdiót. Amikor körbevezetett a stúdiókon és nagy szeretettel magyarázta a működési elveket, az a jóleső érzés töltött el: „Nem dolgoztam hiába..."

(T. Szerzőnk írása a 2012-es Évkönyvünkben indított sorozatunk folytatása. – *A szerk.*)

67 GHz-ig terjesztette ki a Rohde & Schwarz R&S® SMA100B típusú élvonalbeli mikrohullámú jelgenerátorának működési tartományát

Az R&S® SMA100B típusú, analóg mikrohullámú generátorral immár 67 GHz-ig terjedően állíthatók elő egyedülállóan jó minőségű rádiófrekvenciás jelek. Névleges tartományon túli beállításban akár 72 GHz-ig is használható a műszer. Az R&S® SMA100B emellett az eddigi legkisebb fáziszajjal rendelkezik és a legnagyobb kimeneti teljesítményt nyújtja, rendkívül kismértékű harmonikus torzítás mellett.

Újfejlesztésű frekvenciatartománybeli kiegészítéseivel az R&S® SMA100B típusú generátor ezúttal már 31,8 GHz-ig, 40 GHz-ig, 50 GHz-ig vagy 67 GHz-ig terjedően is képes jeleket előállítani. A repülés- és űrtechnika, honvédelem, rádiófrekvenciás kommunikációs rendszerek és félvezető technika vonatkozásában minden lényeges alkalmazási területen kitűnően használható ez az analóg mikrohullámú jelforrás. Kiválóan alkalmas mikrohullámú alkatrészek, eszközök és rendszerek jellemzőinek bemérésére is, időtálló befektetést képviselve mindenféle mikrohullámú szakterületen. A 40 GHz-es típusváltozat lefedi a leglényegesebb radartechnikai sávokat, a 67 GHz-es felső határfrekvenciájú berendezéssel pedig a rendkívül nagy adatátviteli sebességű műholdas összeköttetésekhez egyre szélesebb körben használt Q/V-tartományú fejlesztések is végezhetők. Az 5G mobilhálózatok bevezetése során az elsőkereskedelmi rendszerek frekvenciái 39 GHz-ig (vagy akár azon túl) fognak terjedni, a 40 GHz-en felüli tartomány használhatósága pedig még vizsgálat tárgyát képezi. A 67 GHz-es műszerrel 60 GHz-es sávú eszközök is tesztelhetők, nem csupán a mobiltelefon-technikához kapcsolódóan, hanem egyéb területeken is (például IEEE 802.11ad szabványú rendszerek), sőt, névleges tartományon túli beállításban akár az IEEE 802.11ay norma szerinti mérések is végezhetők vele.

A lehető legtisztább jelek kifinomult mérésekhez

Különösen kis fáziszajú kiegészítésével (opciójával) az R&S® SMA100B a lehető legtisztább rádiófrekvenciás jeleket képes előállítani: fáziszajának szintje 40 GHz-en, a vivőtől 20 kHz-es távolságra mérve -120 dBc/Hz, így, például radarrendszerek összeépítése vagy tesztelése során ideális helyi oszcillátorként használható ez a műszer. Az analóg-digitális és digitális-analóg átalakítók mintavételi sebességének emelkedésével egyre fontosabb, hogy a rádiófrekvenciás vivők fázis- és szélessávú zaja a lehető legkisebb legyen. E generátor mindennél alacsonyabb, -150 dBc/Hz szintű (például 30 GHz-en, a vivőtől 40 MHz-re mért) szélessávú zajának köszönhetően közvetlenül vizsgálhatók egy eszköz tisztán saját jellemzői. A csúcskategóriás R&S® SMA100B típusú berendezéssel tehát élvonalbeli műszaki jellemzőkkel rendelkező termékek fejleszthetők, egyértelmű versenyelőnyt biztosítva a mérnököknek.

Lehető legnagyobb kimeneti teljesítmény a legkisebb felharmonikus-tartalommal

A mikrohullámú méréstechnikában sokszor okoz problémát a kábelek és mérőbefogók csillapítása. Az R&S® SMA100B különféle kimeneti fokozatokkal rendelkezik e hatások ellensúlyozására. A 31,8 GHz, 40 GHz, 50 GHz és 67 GHz felső határfrekvenciájú műszerek különösen nagy kimeneti teljesítményűvé alakíthatók, amihez mindössze egyetlen feloldó kódot kell begépelni, anélkül, hogy a berendezést vissza kellene küldeni a szervizbe. Az ultra nagy teljesítményű opcióval mindenféle alkalmazás számára elegendően nagy kimeneti jelszintet szolgáltatnak a generátorok rendkívül alacsony harmonikus torzítás mellett, feleslegessé téve külső erősítők és szűrők beiktatását, egyúttal egyszerűsítve is a mérési elrendezéseket. E kiegészítéssel egy 40 GHz-es típusváltozat 25 GHz-en 27 dBm teljesítményű, míg egy 67 GHz-es generátor 40 GHz-en 23 dBm, 67 GHz-en pedig 17 dBm erősségű jelet képes leadni.

Folytonos jelszint-futtatás széles dinamikával és letapogató radarok keltette AM

Az R&S® SMA100B több mint 70 dB széles dinamikatartományban képes folytonosan futtatni a jelszintjét, váltáskor fellépő „tüskék" vagy rövid idejű kimaradások nélkül. Ultra nagy kimeneti teljesítményű opciójának köszönhetően kiválóan alkalmas ez a műszer nagyteljesítményű eszközök, például a korszerű műholdakon alkalmazott GaN-félvezetős, illetve haladó hullámú csöves végfokozatok erősítés-karakterisztikájának vagy kimeneti telítési pontjának a bemérésére.
Az „AM Scan" nevű kiegészítéssel (opcióval) bővített generátorok letapogató radarok antennái által keltett amplitúdó-ingadozások szimulálására is használhatók, lehetővé téve vevők bevizsgálását 70 dB-t is meghaladó modulációs mélység mellett.

Más műszerek egyszerű kiváltása az R&S® LegacyPro program segítségével

Az R&S® SMA100B típusú generátort képes kezelni az R&S® LegacyPro program, így a Rohde & Schwarz vagy más gyártó automatizált tesztelő rendszerekbe beépített, elavult berendezési könnyedén kiválthatók ezzel a műszerrel anélkül, hogy a vezérlőszoftvert módosítani kellene.
Az R&S® SMA100B típusú mikrohullámú jelgenerátor az összes új kiegészítésével (opciójával) együtt már megrendelhető a Rohde & Schwarz-tól.

További információk a következő honlapon találhatók:

https://www.rohde-schwarz.com/ad/press/purest-signal

Műszertörténelem

Dr. Tolnai János okl. híradástechnikai szakmérnök, HA5LQ@freemail.hu

Nem véletlen az, hogy a rádiózás „hőskorában" a rádiósok a berendezések konstruálása mellett forgalmaztak is velük. Mivel a rádió újdonság volt, nem voltak rádiótechnikai mérésre alkalmas műszereik. Csak az ellenállomástól kapott vételjellemzés („riport") alapján lehetett következtetni arra, hogy egy módosítás javította vagy rontotta-e a készített rádióadó vagy antenna tulajdonságait. E cikkben a rádiótechnikában is használt néhány alapvető műszer: főként a feszültségmérők (ide értve az oszcilloszkópokat is), s csak kiegészítőként az árammérők és az ellenállásmérők fejlődését tekintem át a digitális műszerek megjelenéséig; egy-egy, a maga korára jellemző típust részletesebben bemutatva. (Terjedelmi korlátok miatt a cikkben *-gal jelölt ábrákat *csak* a www.radiovilag.hu honlapon helyeztük el. A cikk *teljes* képanyaga – élvezhető méretben – letölthető honlapunkról, ezen évkönyvünk tartalomjegyzékénél. Néhány ábra gyengébb minőségű, de sajnos, jobb képek nem álltak a rendelkezésünkre. A fotók tárgyának kuriozitása miatt sajnáltuk volna kihagyni azokat. – A szerk.)

Magyarországon a rádiós műsorszórás 1925. december 1-jén kezdődött meg, de a hatóságok számára még két évvel később sem volt egyértelmű, hogy a rádió melyik szakterülethez tartozik. Ezt mutatja a m. kir. kereskedelemügyi miniszter *1927. évi 9557 számú rendelete*, amelynek *56. paragrafusában* a rádióvevő-készülékek, és ezek részeinek iparszerű javítására (és előállítására!) mások mellett a *látszerészeket* jogosítja fel. Egyes rádiós szakkifejezések magyar neve is tisztázandó volt. A létrejött *Rádió Szótár* mozgalom vezette be pl. a korábban használt „hangosan beszélő" helyett a „hangszóró" elnevezést. Mérésekre csak az erősáramú technika műszerei álltak rendelkezésre.

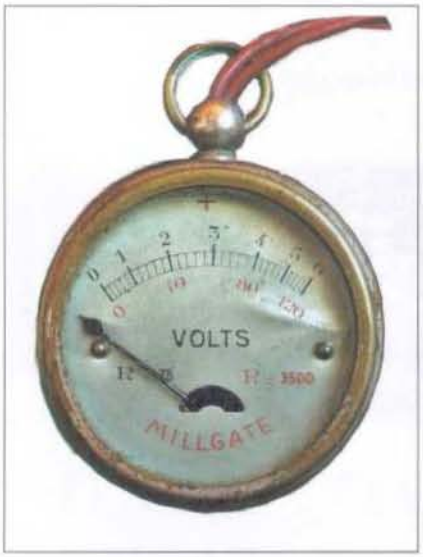
1. Feszültségmérés

1.1. „Hideg" műszerek

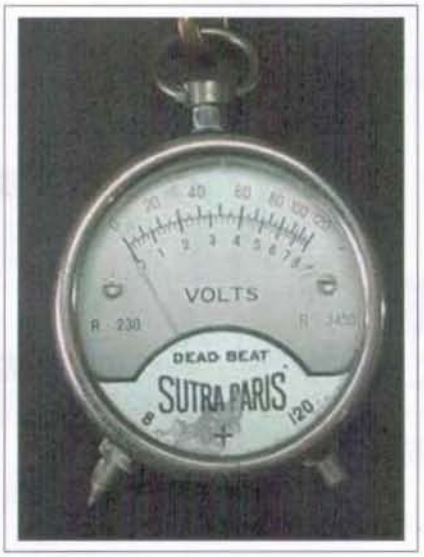
Egy csöves rádiókészülékben a fűtőfeszültségtől az anódfeszültségig bármilyen mérendő feszültség előfordulhat, tehát szervizcélra többméréshatáros műszerre van szükség.

A múlt század húszas-harmincas éveiben az erősáramú technikában használt kis kéziműszerek („óra műszerek", **1–3. ábra**) legfeljebb két méréshatárral rendelkeztek: az egyik a 110 V-os hálózati feszültség, a másik valamilyen akkumulátorfeszültség (2 V-os ólomakkumulátor-cella, vagy 3 cellás 6 V-os, ill. 6 cellás 12 V-os akkumulátor) mérésére szolgáltak. Ezek (az egyes esetekben DC/AC mérésre egyaránt alkalmas) műszerek a működtetéshez viszonylag nagy energiát igénylő méróművel készültek. Az 1. és a 2. ábrán látható műszerek skálalapján a belsőellenállás is fel van tüntetve, ennek alapján mindkét műszernek a végkitéréshez kb. 35 mA áramra volt szüksége. Ez 29 ohm/V belsőellenállást jelent. Hasonló vagy rosszabb – akár 10 ohm/V(!) – paraméterekkel rendelkezett a többi ilyen rendszerű műszer is.

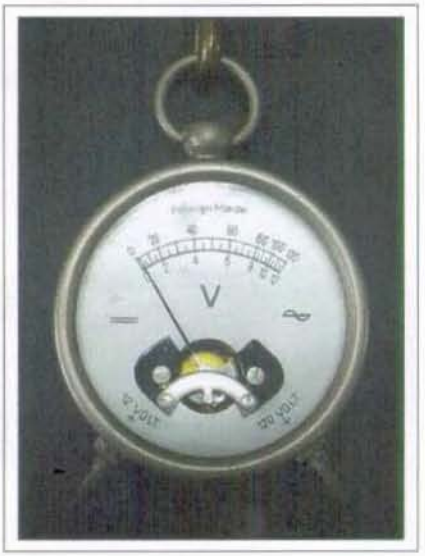
A két méréshatáros műszerekben általában az egyik pólus a fogantyú tartójának közepén kivezetett vezeték, a másik a műszer aljára (a háztól elszigetelten) szerelt, a választott méréshatárnak megfelelő mérőcsúcs volt. Ritkán előfordult valódi „multiméter" is ilyen méretben (**4. ábra**), amely a szoká-



1. ábra



2. ábra



3. ábra

4. ábra

5. ábra

6. ábra

sos két feszültség méréshatáron (33,3 ohm/V) kívül egy áram méréshatárral is rendelkezett.

Ezek a mérendő áramkört erősen terhelő műszerek rádióban csak a hálózati vagy az akkumulátorfeszültség (esetleg a fűtőfeszültség) méréséhez voltak használhatók.

Az első hordozható, többméréshatáros, univerzális, Deprez-rendszerű műszer az *Automatic Coil Winder and Electrical Equipment Co., Ltd.* (London) által 1923-tól gyártott Avometer (**5. ábra**) volt. (Az AVO az Amper, Volt, Ohm kezdőbetűiből az ezek mérésére alkalmas műszerre utal.) A tükörskálás műszer méréshatárai: DC 0,12/1,2/12 A – 12/120/600 V, ill. 0...10 kohm (skálaközép: 225 ohm). Az alapműszer érzékenysége 12 mA, tehát az ezzel épített feszültségmérő belsőellenállása 83,3 ohm/V volt, így ez sem volt alkalmas rádiótechnikai mérésekre. (A műszert – jellegzetes elölapi íves skálakivágását és két elölapi forgatógombját megtartva – különböző típusszámokkal többször továbbfejlesztették. Az Avometer model 8-at 1951-től 2008-ig gyártották. A **6. ábrán** a 2008-ig gyártott, a NATO specifikációinak is megfelelő, feszültségméréskor kb. 200 kohm/V belsőellenállású Model 8 Mk.7 változat látható.)

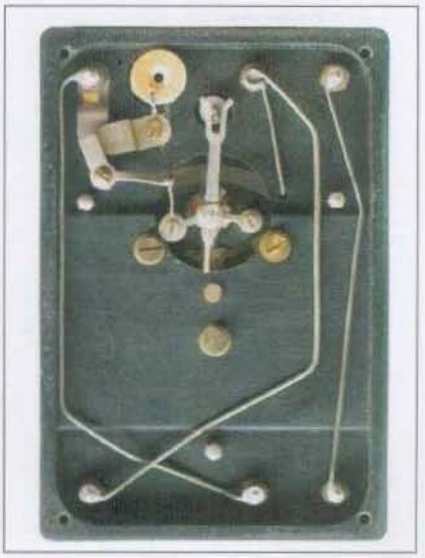
Az 1933-ban megjelent, és a kor „rádiós bibliájának" tekintett, *Molnár-Jovitza: Rádiósok könyve* a 300...500 ohm/V belsőellenállású feszültségmérőt tekintette jó műszernek. A könyv szerint a mind laboratóriumi, mind ipari, mind amatőrcélra nagyon kedvelt „univerzális" műszer, a Mavometer (**7. ábra**) 500 ohm/V belsőellenállásával (azaz 2 mA-es alapműszerével) *„a legjobbak közé tartozik"*, mert *„mindennemű anódpótlófeszültséget pontosan mutat"*, sőt *„kiégés elleni biztosítóval is el van látva"*.

Ami a műszervédelmet illeti, az ténylegesen abból állt, hogy (mint a doboz belsejét a hátoldal eltávolítása után mutató **8. ábrából** is megállapítható) az alapműszerrel egy ellenállás volt sorba kapcsolva, amely –, ha a mérni kívánt mennyiségnél a mutató csak kevéssé lendül ki –, a nyomógomb lenyomásával volt rövidre zárható, ekkor történt a tényleges mérés. (Ha viszont a mutató ezzel a biztonsági előtétellenállással is erősen kitért, akkor nagyobb méréshatárhoz tartozó előtét-, vagy söntellenállást kellett eléiktatni.)

A külső előtétek, söntök és az AC adapter (**9. ábra**) külön megvásárolható tartozékok voltak. Az előtétellenállásokat az alsó *SR* és az *R*, az árammméréshez a söntöket az *SR* és az *S* kapcsok közé kell szorítani. A mérőzsinórokat feszültségméréshez a felső *AV-* és a *V+*, árammméréshez az *AV-* és az *A+* banánhüvelyekbe kell dugni a használati útmutató (**10. ábra**) szerint. Ezen ábrák egy része a műszer hátoldalára ragasztott nyomtatott lapon is megtalálható, használati előírások és mérési táblázatok társaságában.

A 9. ábra jobb oldalán egy egyenirányítót is tartalmazó AC előtét látható, amely a különböző méréshatárokhoz tartozó átváltó skálákat (tulajdonképpen nomogramokat) is tartalmazza (**11. ábra**). Az egyenirányító nemlinearitása miatt ugyanis a feszültségmérő AC skálái sem lineárisak, sőt, a kisebb fe-

7. ábra



8. ábra

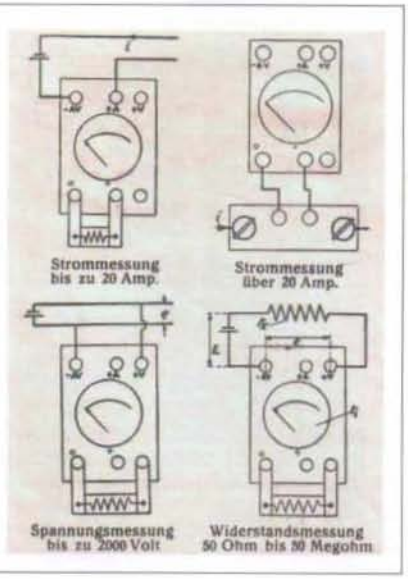
9. ábra

szültségű méréshatárokhoz az egyenirányítón az átfolyó áramtól függő, nem elhanyagolható feszültségesés miatt külön AC skálák tartoznak.

AC feszültség mérésekor a műszer belsőellenállása kb. 330 ohm/V. (A csökkenést pl. az okozza, hogy a Deprez-műszer mutatójának a mért elektrolitikus középérték helyett az annak 1,11-szeresét, az effektív értéket kell mutatnia, így az adott méréshatárhoz kisebb előtétellenállás válik szükségessé.)

A 10. ábra azt is szemlélteti, hogy a műszerrel miként lehet ellenállást mérni. A külső telep feszültségének megmérése után a mérendő ellenállást a műszerrel sorba kapcsolva, a műszer ismert belsőellenállásán eső mért feszültségből a feszültségosztás alapján kell a mérendő ellenállást kiszámítani.

A valóban nagy pontosságú (megengedett hiba a végkitérés 1%-a), tükörskálás műszert a *Gossen, P., & Co. KG.* (Erlangen, Nürnberg) cég gyártotta 1928-tól a '30-as évek végéig.



10. ábra

Később (a nyomógomb elhagyásával) ugyanilyen mérőműszert gyártott az *Engel Károly Elektromos Szerelésianyagok és Készülékek Gyára, Budapest* (*EKA*) is MAVECO, ill. MAVEKA néven, valószínűleg licenc alapján.

Ez, az akkoriban kiváló műszer a könyv ajánlásának megfelelően a *rádiótechnikában* valóban leginkább az anódpótló (anódtelep-pótló, hálózati tápegység) vagy a fűtőtelep pontos kimenőfeszültségének a mérésére alkalmas, kis belsőellenállása miatt az egyéb áramköröket ez is leterhelné.

A gyártókban egy ideig nem vetődött fel az, hogy az egy skálaív alsó és felső részére rajzolható két skálán kívül valamennyi további skálát is a skálalapon helyezzék el. Az AVOmeter méréshatárai egymás tízszeresei (a legnagyobb feszültség méréshatárban ötszöröse) voltak. Így a mért érték közvetlenül a skáláról leolvasható, vagy nagyon könnyen átszámítható volt. A skála első harmadában azonban a mérés nagyon pontatlan. A pontossági osztályban megadott százalékérték a végkitérésre vonatkozik. Ha ez pl. 1%, akkor 12 V-os méréshatárban a mért érték hibája ±0,12 V lehet, függetlenül a mért értéktől. Ez 1,5 V mérésekor már ±8% hibának felel meg, ami legfeljebb a feszültség indikálásának felel meg, mérésnek nem nevezhető. A mérési hiba csökkentése érdekében legalább arra kell törekedni, hogy a méréskor a mutató a skála második harmadáig lendüljön ki. Ehhez az szükséges, hogy a következő méréshatár legfeljebb az előző háromszorosa legyen. Kb. ezt biztosítják a mai analóg multiméterek szokásos 3/10/30/100 feszültség- és áram-méréshatárai.

A Mavometer-hez árusított nagyszámú DC előtétellenállás ennél sokkal több méréshatárt biztosít: az árammérés 2,5 mA – 250 A-ig 31 méréstartományban, a feszültségmérés 0,15 – 2000 V-ig 30 méréstartományban lehetséges. Az AC feszültségadapter 5/25/50/100/250/500 V méréshatárával – az 5...9 V közötti feszültségek kivételével – szintén lehetővé teszi a legalább a skála második harmadában végzett mérést.

A *Supreme Instruments Co.* (Greenwood, Miss., USA) 1940 és 1946 között nagy mennyiségben gyártotta robosztus 542 típusú multiméterét, főként a hadsereg és telefontársaságok számára (**12. ábra**). A műszer méréshatárai: DC 6 V, 150 V, 300 V, 1500 V – AC 6 V, 30 V, 150 V, 600 V – DC 300 uA, 3 mA, 6 mA, 30 mA, 50 mA, illetve ×1, ×10, ×100, ×1000 ohm (skálaközép: 30 ohm). Az alapműszer 200 uA-es, így a feszültségmérő belsőellenállása 5 kohm/V. A skálalapon itt már az „Ω" skálán kívül külön „DC", „AC" skála, sőt, az AC mérésekhez „dB" skála is található. (Az alsó három méréshatár közötti váltáskor az ötszörös feszültségviszonynak megfelelően 14 dB a változás.) A mért érték (az 50 mA-es kivételével) minden méréshatárban közvetlenül olvasható le.

11. ábra

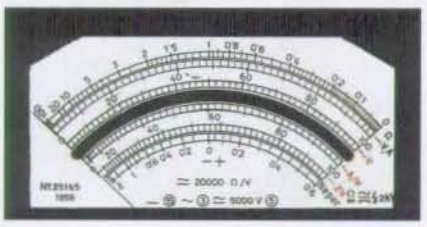
A Deprez-műszerek fejlődése során az alapműszerek egyre érzékenyebbek-

12. ábra

13 ábra

ké váltak. Az 1950-es években a jó minőségű univerzális műszerekhez már jellemzően 50 (esetleg még kevesebb) uA végkitérésű alapműszert használtak, mellyel 20 kohm/V-os feszültségmérő készíthető. Ilyen, már nagyon jól használható és pontosan leolvasható műszer volt pl. a magyar UNIVEKA 147 URAV (**13. ábra**; gyártó: 1959-ben az *Elektromos Készülékek és Anyagok Gyára = EKA*, később: az *Elektromos Készülékek és Mérőműszerek Gyára = EKM*, Budapest). Skálalapján (**14. ábra**) az egyenirányító nemlineáris volta miatt van három különböző AC feszültségskála: az 1 V-os, 2 V-os és egy az összes többi méréshatárhoz. A méréshatárok 1/2/5 arányúak, így a méréshatár helyes megválasztásakor a mutató a skála 40...50%-a fölé lendülhet ki, kellően pontos mérést téve lehetővé.

A műszer többletszolgáltatása, hogy (külön csatlakozón keresztül) 5 kV-os feszültség méréshatára is van (ez nagyon ritka képesség, az univerzális műszereknél általában a megengedett legnagyobb mérhető feszültségcsúcs 1000 V). A különböző méréshatárokhoz tartozó skálák egységesen 0...100 osztásúak, ami azt jelenti, hogy a 2, 5 (és ezek többszörösei) méréshatárokban fejben kell kiszámolni, hogy melyik skálaosztás mekkora mért értéknek felel meg, azaz mekkora a műszerállandó. A skálalapon „dB" skála helyett a távbeszélőtechnikában használatos, természetes logaritmikus alapú „Neper" skála van. (1 N = 8,685889 dB). Ezt a skálát azonban csak egy



14. ábra

méréshatáron belül érdemes használni, mivel 1:2 skálaváltás esetén 0,69 N, 1:2,5 skálaváltás esetén 0,916 N a változás, ezek az értékek nem alkalmasak fejben való gyors összeadásra/kivonásra.

Az alapműszerek érzékenységének újabb növekedése, valamint a célnak megfelelőbb egyenirányítók lehetővé tették a DC és AC skála azonosságát. Az érzékenyebb alapműszerhez nagyobb előtétellenállások szükségesek, melyekhez képest az egyenirányító ellenállása elhanyagolható. Így az AC méréshez is a lineáris DC skála használható. Ilyen, kiváló tulajdonságú műszer pl. a *Ganz Műszer Művek* (Budapest) által 1982-től gyártott GANZUNIV 3 (azonos a GOERZ UNIGOR 3n-nel), amely a **15. ábrán** látható. Alapműszere 13 uA érzékenységű, DC feszültségméréskor a belsőellenállása 31,6 kohm/V, AC méréskor 5 kohm/V.

A külsőre ugyanilyen GANZUNIV 4 alapműszere 7,5 uA érzékenységű, DC feszültségméréskor 100 kohm/V, AC méréskor 20 kohm/V belsőellenállású. (A 0,3 V, 1 V és 3 V AC méréshatárokban az egyenirányítón eső feszültség még nem elhanyagolható az előtétellenálláson esőhöz képest, ezért a GANZUNIV 3 a mérendő feszültséget feltranszformálja. Így használható a lineáris DC skála, de ezekben a méréshatárokban a műszer ellenállása drasztikusan – 316 ohm/V-ra – csökken. A GANZUNIV 4-en ezeken a méréshatárokon nincs is AC mérési lehetőség.)

E műszerek valódi műszervédelemmel rendelkeznek: a túlfeszültségvédelmen és olvadó biztosítón kívül egy érzékeny védőkapcsoló (nyomógombja a GANZ embléma alatt) segédenergia nélkül kikapcsolja a műszert, ha túl nagy áram folyna át rajta. A mutató csillapítása erős, lassan mozog, így a biztosító áramkör gyorsabban szakítja meg az áramot, mint hogy az üvegszál mutató a skála végére érhetne (és ott felütközve eltörhetne). A mérést polaritásváltó kapcsoló egyszerűsíti.

A **16. ábra** a műszer skáláját mutatja. A „30 osztású" skála ténylegesen 33 osztást tartalmaz, így teljesül az a kívánalom, hogy bármely, a műszer méréstartományába tartozó feszültség legalább a skála második harmadában legyen mérhető. A legfelső, 100-as osztású skála „100" skálaosztása a felülről második, 33-as osztású skála „31,6" osztásával esik egybe. Ennek

15. ábra

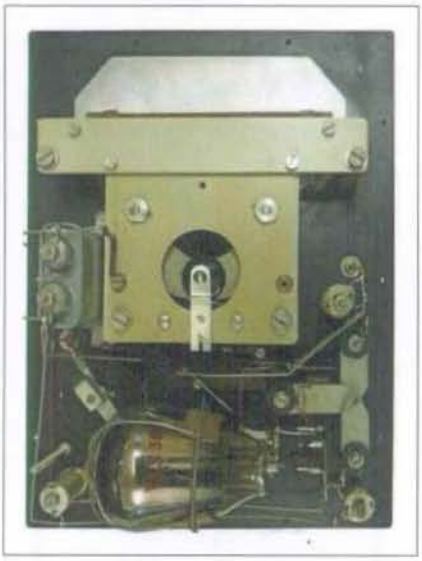
az az oka, hogy két tizedesjegyre kerekítve 3,16-os feszültségviszony felel meg 10 dB relatív feszültségszintnek. Márpedig 100/31,6 = 3,16 ugyanúgy, mint 31,6/10. Ilyen skála esetén tehát a méréshatár egy fokozattal való váltása éppen 10 dB változást okoz a mutató által kijelzett feszültségszintben.

1.2. Csővoltmérők

A csöves erősítő használatának előnye a nagy bemenőellenállás, és az erősítésnek köszönhetően az alapműszer végkitéréséhez tartozónál jóval kisebb feszültségek mérésének lehetősége.

Elektroncsövet méréstechnikai célra először *E. Doyle és L. Chubb* alkalmazott, a *J. A. Fleming* által készített dióda felhasználásával 1916-ban. A műszer AC nagyfeszültség mérésére szolgált. A kapacitív osztóval leosztott váltakozófeszültséget elektroncső diódával (kenotron) egyenirányítva a feszültség csúcsértékével arányos egyenfeszültséget mérte. Magas feszültségek mérésére addig a szikráz-

16. ábra



17. ábra

tatáson kívül nem volt más megoldás.

Az első valódi csővoltmérőt (azaz vákuumcsöves erősítőt tartalmazó voltmérőt) *E. B. Moullin* (University of Cambridge) készítette 1922-ben, majd a *Cambridge Scientific Instrument Company* hozta forgalomba (**17. ábra**). A beépített trióda nemlineáris karakterisztikája következtében a műszer skálája sem volt lineáris.

1927-ben *H. S. Black* (Bell Laboratories) feltalálta a visszacsatolást, *A. D. Blumlein* pedig 1936-ban a differenciálerősítőt, melyekkel az áramkör stabilitása és linearitása jelentősen javult. Az 1940-es évek elején az USA-ban már a *HP* (Palo Alto, CA), az *RCA* (New York, NY állam), a *Ballantine Inc.* (Boonton, New Jersey) és a *General Radio Company* (Cambridge, MASS) cég is lineáris skálájú csővoltmérőt gyártott.

A HP első, 400A jelű, 1942-ben bemutatott modelljét a **18. ábra** mutatja. A műszer AC 30 mV/100 mV/300 mV/1 V/3 V/10 V/30 V/100 V/300 V méréshatárokkal, 1 Mohmos bemenőellenállással, 10 Hz...1 MHz frekvenciatartományba eső AC feszültség mérésére volt alkalmas. Prospektusa szerint pontatlansága 100 kHz-en <3%, 1 MHz-en <5%. Egyik első olyan stabil csővoltmérő volt, amelynél nem volt szükség nullázásra, és nem volt érzékelhető driftje.

A negatív visszacsatolás és a differenciálerősítő sok elektroncsövet igényelt, melyeket a viszonylag kis dobozban kellett elhelyezni. A skálalapon (**19. ábra**) a „30 osztásos" skála itt ugyan nem tartalmaz 33 osztást, de itt is úgy készült, hogy a 10-es skála végpontja alá a 3,16-nak megfelelő hely esik, így minden méréshatárváltás 10 dB változásnak felel meg. A méréshatárok nemcsak voltban, hanem abszolút feszültségszintben is fel voltak tüntetve a kapcsoló egyes állásaiban. A „0 dB" állás – mint a skálalap felirata is mutatja – a távbeszélőtechnikában szokásos 600 ohmos terhelésen 1 mW teljesítményt disszipáló feszültségnek (775 mV) felel meg. A műszer kapcsolási rajza a **20. ábrán*** látható.

Az 1945-ben forgalomba hozott HP-410 csővoltmérő (**21. ábra**) már DC- és ellenállásmérésre is alkalmas volt. Méréshatárai: 1/3/10/30/100/300 V, DC-ben 1000 V is. Ellenállás-méréshatárok: 500 ohm, 5 kohm, 50 kohm, 500 kohm, 5 Mohm, 50 Mohm, 500 Mohm. AC mérés frekvenciatartománya: 20 Hz...700 MHz (a nagyfrekvenciák detektoros mérőfejjel). Pontosság: ±3%, DC bemenőellenállás: 100 Mohm, AC bemenőellenállás kis frekvencián 6 Mohm ‖ 3 pF, a frekvencia növekedésével a bemenőellenállás csökken.

A mérőfejeket az előlap alsó, lehajtható része mögötti tárolóban helyezték el. Kapcsolása (**22. ábra***) még a

21. ábra

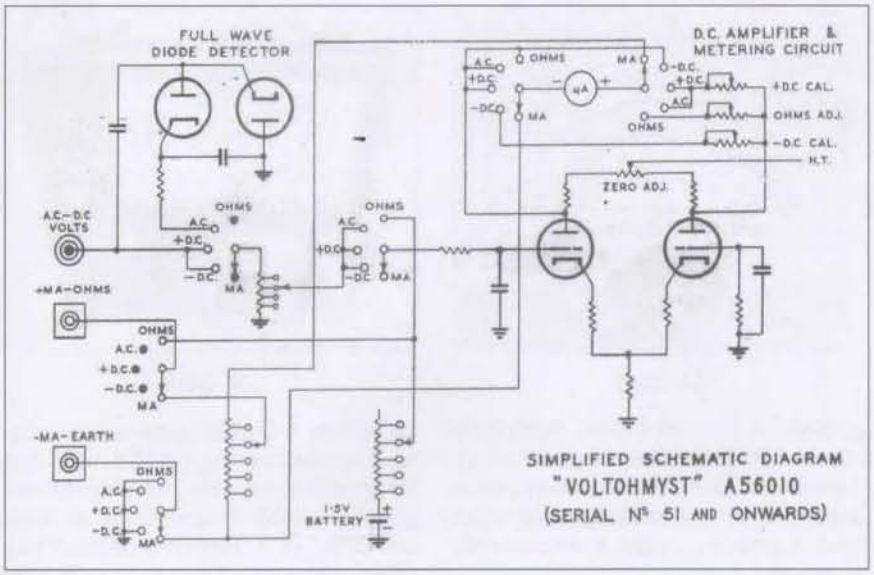
HP400A-énál is kevesebb csövet tartalmaz.

Az RCA 1949-ben már gyártotta első telepes csővoltmérőjét, VOLTOHMYST WV-65A típusszámmal (**23. ábra**, egyszerűsített kapcsolási rajza: **24. ábra**). Anódfeszültségét a műszerben elhelyezett 2 db 45 V-os telep (terhelésük kb. 2 mA), fűtését 4 db „D" elem biztosította. (Ma a szabványos típusjele LR20 vagy köznapi, elterjedt megnevezéssel „Góliát elem".) A telepek kímélése céljából DC és AC árammérésekor (méréshatárok: 10 mA/30 mA/.../10 A) a csöves rész ki volt kapcsolva. A méréshatárok DC feszültségmérésnél 3 V/10 V/...1000 V, AC feszültségmérésnél 10 V/30 V/...1000 V, ellenállásmérésnél 1 ohm/10 ohm/...1 Mohm voltak

18. ábra

19. ábra

23. ábra



24 ábra

(skálaközép: 10). A megadott mérési pontosság: ±5%. A DC feszültségmérés – más RCA csővoltmérőkhöz ha-

25. ábra

sonlóan – 1 Mohmos soros ellenállást tartalmazó mérőfejjel történt, mellyel együtt a bemenőellenállás 11 Mohm volt. Az így kialakított mérőfejnek köszönhetően pl. mérhető volt egy oszcillátorcső negatív rácsfeszültsége anélkül, hogy a rezgés leszakadt volna. A bemenőellenállás AC 10 V-os méréshatárban kb. 12 kohm, 1000 V-os méréshatárban 1 Mohm, a 3 dB-es sávszélesség 5 kHz volt.

Magyarországon az *EMG*-ben *(Elektronikus Mérőkészülékek Gyára)* 1953-tól gyártották az ORIVOHM csővoltmérősorozatot, hazai viszonyokra adaptálva az akkor már elterjedt nyugati gyártmányokat. Az első ORIVOHM (**25. ábra**) kapcsolási rajza például a *Rádiótechnika 1955/10. számában* található meg. Az alapműszer – a VOLTOHMIST-hoz hasonlóan – az anódkörben kiegyenlített hídba kötve dolgozik. A műszer továbbfejlesztett változata (ORIVOHM II; EMG-1341, 1341B - E.; **26. ábra**) nagyon széles körben elterjedt. Ebben a csővoltmérőben (az „E" változat kapcsolása: **27. ábra***) az alapműszer a differenciálerősítő két csövének katódja közé van kötve, a csövek katódkövetőként hajtják meg.

26. ábra

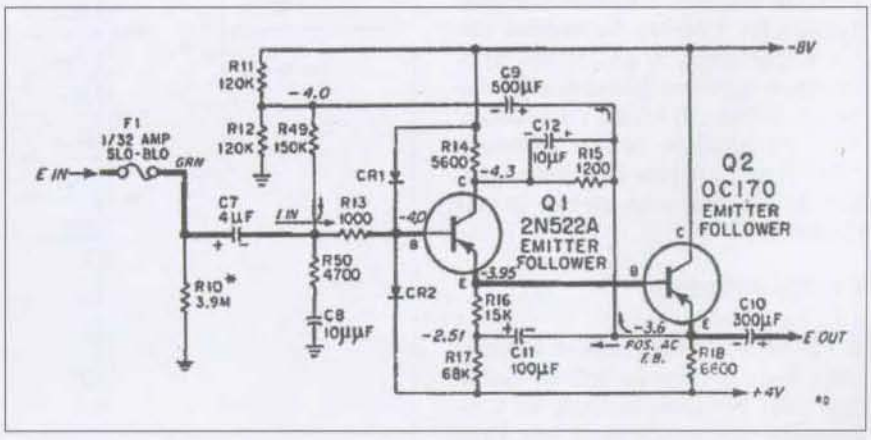
1.3. Tranzisztoros voltmérők

Az 1947-ben feltalált tranzisztorok az ötvenes években váltak sorozatban gyártott, üzembiztos termékké. Kisebb mé-

28. ábra

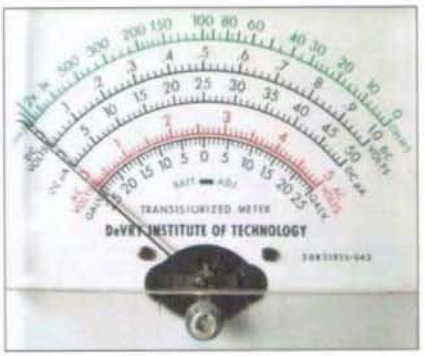
retükkel, kisebb teljesítményigényükkel és nagyobb megbízhatóságukkal fokozatosan a kiszorították az elektroncsöveket. „Csővoltmérő" (a „tranzisztorvoltmérő, TVM" megnevezés nem terjedt el) az elsőként sorozatban gyártott bipoláris tranzisztorokkal alig készült. Ugyanis – ellentétben a csövekkel, amelyek rácsárammentesen, feszültséggel vezérelhetők – a bipoláris tranzisztor bázisáramot (és munkapontbeállító ellenállásokat) is igényel, így a csővoltmérőnél szokásos, 10 Mohm körüli bemenőellenállás nehezen biztosítható.

Néhány cég azonban bipoláris tranzisztorokkal is épített feszültségmérőt. Pl. a HP által gyártott második tranzisztoros berendezés az 1960-as katalógusban bemutatott HP403A AC voltmérő volt (**28. ábra**). A telepes tápellátású készülék egy teleppel 400 órás működést tett lehetővé. A kevesebb, mint 2,5 kg tömegű műszer az 1 Hz...1 MHz-es frekvenciatartományban 12 méréshatárral (1 mV...300 V) mért. Névleges bemenőimpedanciája 2 Mohm, a pontossága az 5 Hz...500 kHz frekvenciatartományban ±3% volt. A HP ebben a műszerében a **29. ábra** szerinti bemenőfokozatot alkalmazta. A Q1 és a Q2 közel $A_u = 1$ erősítésű emitterkövetők, így a Q2 emitterén a váltakozófeszültség alig kisebb a Q1 bázisfeszültségénél. A Q2



29 ábra

30. ábra



31. ábra

32. ábra

emitterfeszültségének AC komponensét a C9 csatolja vissza az R11-R12-R49 közös pontjára. Így az R49 mindkét sarkán közel azonos a váltakozófeszültség, ennek következtében nagyon kis váltakozóáram folyik rajta. Ez biztosítja azt, hogy az emitterkövető nagy bemenőellenállását a munkapontbeállító ellenállások csak csekély mértékben csökkentsék.

A '60-as években a *DeVry Institute of Technology* levelező tanfolyamot indított. A tanfolyam résztvevői (megfelelő havi díj fizetése fejében...) írásos anyagokat és „kiteket" kaptak, amelyekből tranzisztoros műszereket építhettek. Ilyen műszer volt a TRVM-1 tranzisztoros „multiméter" (**30. ábra**). A működéshez szükséges 4 db „D" méretű elemből három sorba kapcsolva a tápfeszültséget biztosította, egy az ellenállásméréshez volt szükséges. A kis (6 mA-es) tápáramfelvétel egy elemgarnitúrával több száz órányi üzemidőt biztosított. A műszer skálapját a **31. ábra** mutatja. Az egyenfeszültség mérése négy (1/10/100/1000) fokozatban 1...1000 V között történt, az 1 V-os méréshatárban 1 Mohm, a többiben 10 Mohm bemenőellenállással. A váltakozófeszültség szintén négy méréshatárban (5 V/50 V/500 V/1000 V) volt lehetséges (10 Hz...500 kHz között ±1,5 dB hibával), a bemenőellenállás ilyenkor kb. 2 Mohm. Egyenáram mérése is lehetséges, 50 uA...50 mA tartományban. Az ellenállásmérés méréshatára 10 kohm...10 Mohm (skálaközép: 100). Az általános mérési pontosság ±3%. A műszert nem csak kitben, hanem gyártó által elkészítetten is meg lehetett kapni.

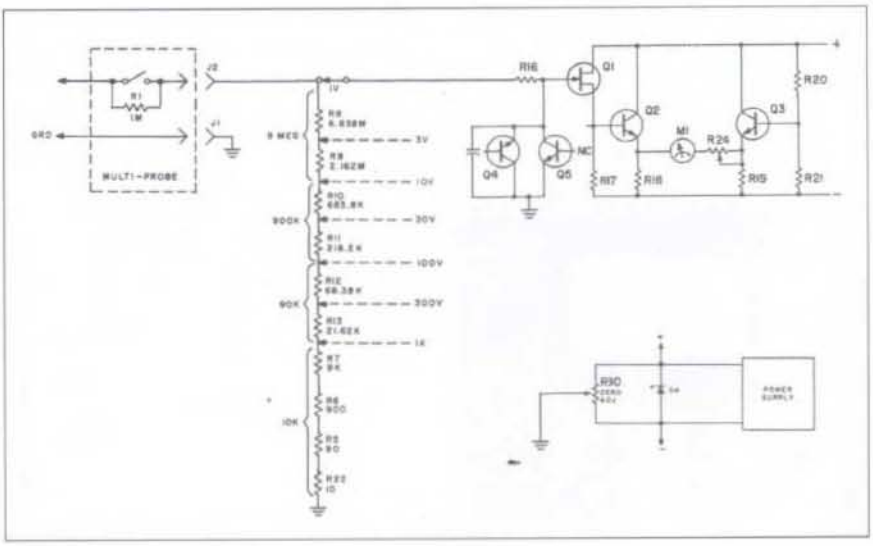
1.4. FET voltmérők

A FET-ek piaci megjelenése lehetővé tette, hogy a csővoltmérőhöz hasonlóan nagy bemenőellenállású és érzékenységű műszert építsenek vele. Ilyen műszereket később nagyon sok cég gyártott. A FET bemenetű voltmérők szintén kétféle módszert használtak az alapműszer kivezérlésére: hídkapcsolásban, a differenciálerősítő drainjei közé kapcsolva, vagy source-követő üzemben.

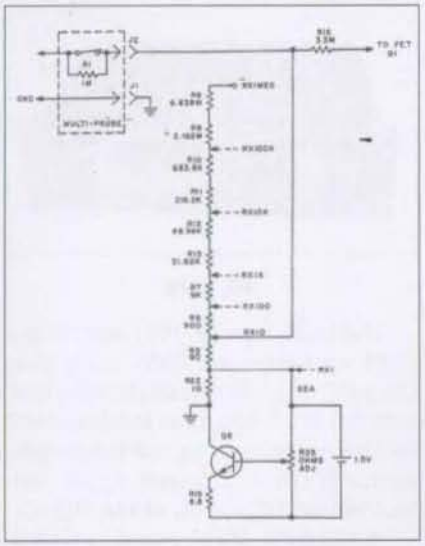
Utóbbi üzemmódban dolgozik az *EICO* (*Electronic Instrument Co. Inc.*, Brooklyn) által 1969-ben kit formájában forgalomba hozott 242 típusszámú FET-es univerzális műszer (**32. ábra**). Mind hálózati, mind telepes üzemre alkalmas. Feszültség-méréshatárai: 1/3/10...1000 V DC (bemenőellenállás 11 Mohm, pontosság: ±3%) és AC (bemenőellenállás 1 Mohm, pontosság a 25 Hz...2 MHz frekvenciatartományban: ±5%). Az árammérés szintén 7 méréshatárban (1/3/10 mA...1 A) történhet DC és AC üzemmódban is. Ellenállás-méréshatárai: „×1 Ω"/„×10 Ω"/... „× 1 M Ω", skálaközép: 10. A leolvasható maximális ellenállás 1000 Mohm. A **33. ábrán** a műszer alapkapcsolása látható.

Az áramkör nagy bemenőellenállása az R8, R9, R10...R13, R7, R6. R5, R22 feszültségosztó soros eredője, 10 Mohm. A Q1 FET gate-árama, valamint a szabadon hagyott bázisú Q4 és a Q5 tranzisztoron átfolyó áram elhanyagolható. Utóbbi tranzisztorok az R16-tal látják el a bemenet túlfeszültség elleni védelmét. Kb. 10 V kollektor-emitter feszültségig szivárgási áramuk a gateáramhoz hasonlóan jelentéktelen. E feszültség fölött rövidzárként viselkednek, a bemenetre kapcsolt feszültség az R16-on disszipálódik. A Q1 munkapontját az R30 „ZERO ADJ" potenciométeren kell úgy beállítani, hogy rövidre zárt bemeneti kapcsoknál a Q2 és a Q3 source feszültsége azonos legyen, ekkor a műszer kitérése 0.

Hasonlóan az RCA csővoltmérőkhöz, a DC méréshez itt is a műszerhez tartozó, 1 Mohmos soros ellenállást tartalmazó mérőfejet kell alkalmazni. („AC" és „Ω" mérésekor a mérőfejben levő kapcsolóval ezt az ellenállást rövidre kell zárni.) Az említett ellenállással együtt a DC mérés bemenőellenállása 11 Mohm. A műszer érzékenysége az R24 trimmerrel úgy van beállítva, hogy 1 V-os méréshatárban akkor legyen végkitérésben, amikor a mérőfej-



33. ábra



34. ábra

jel 1 V-os feszültséget mérnek (azaz a műszer bemenőkapcsain csak 10/11 V a feszültség).

Az árammérés a szokásos módon, az adott méréshatáron bekapcsolt sőntellenálláson átfolyó áram hatására eső feszültség mérésével történik.

Az ohmmérő az ellenállásmérést szintén feszültségmérésre vezeti vissza (kapcsolása: **34. ábra**). Nyitott mérőkapcsok mellett a Q6 tranzisztorral felépített áramgenerátor áramát az ellenállásmérő nullázó potenciométerével (R25) akkorára kell beállítani, hogy az adott méréshatárhoz tartozó (az ábra szerint „R×10" kapcsolóállásban R5 + R22 = 100 ohm) ellenálláson eső feszültség hatására a műszer végkitérésig lendüljön ki. Ez felel meg a „∞" mért ellenállásnak.

A mérendő ellenállást a mérőkapcsok közé kötve, az a *GND* és a méréshatárváltó csúszkája közé kapcsolódik, azaz az előbbi ellenállással párhuzamosan. Így pl. 100 ohmos ellenállás mérésekor 50 ohm eredő alakul ki, azaz a beállított áram hatására a műszer a végkitérés 50%-áig tér ki. (Az ellenállásmérő skáláját és a mérési elvet részletesebben ld. a *3. fejezetben.*)

A műszer használati útmutatója érdekes módon 1000 Mohmnál nagyobb ellenállások mérésére is ajánl módszert; ugyanazt, amelyet az 1928-ban gyártott MAVOMETER normál ellenállásmérésre vonatkozó utasítása is ajánlott. (Tulajdonképpen ez a módszer bármely feszültségmérőre alkalmazható.) A mérendő R_X ellenállást a feszültségmérővel sorosan kapcsolva feszültségosztó jön létre, melynek másik tagja a műszer belsőellenállása. R_X az utóbbin eső, azaz a műszer által mért feszültségből számítható ki. Először a felhasznált, néhányszor 10 V-os telep vagy tápegység kimenőfeszültségét kell megmérni (U_A), majd a mérendő ellenállást a műszerrel sorba kapcsolva, a műszeren eső (és mért) feszültséget (U_B, **35. ábra**). A feszültségosztó képletét átrendezve és a műszer (minden méréshatárban azonos) 11 Mohmos belsőellenállását behelyettesítve a vizsgált ellenállás értéke Megaohmban:

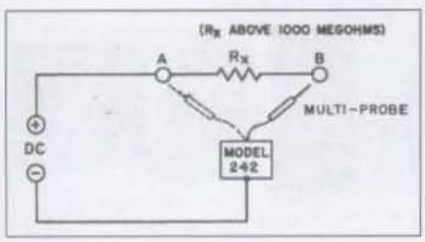
$$R_X = 11(U_A - U_B)/U_B.$$

Az előlapon látható „SOLID STATE" (szilárdtest) megjelölést az 1960-as évek végén kezdték alkalmazni a félvezetős felépítésű berendezésekre (például a tranzisztoros zsebrádiókra is), megkülönböztetésül a vákuumcsövesektől, melyekben a folyamatok gáz halmazállapotú térben (igaz, rendkívül ritka gázban, hiszen a földi technológiai lehetőségek között előállítható nagyvákuumban) zajlanak. Léteznek kifejezetten gáztöltésű elektroncsövek és egyéb elektronikai eszközök is.

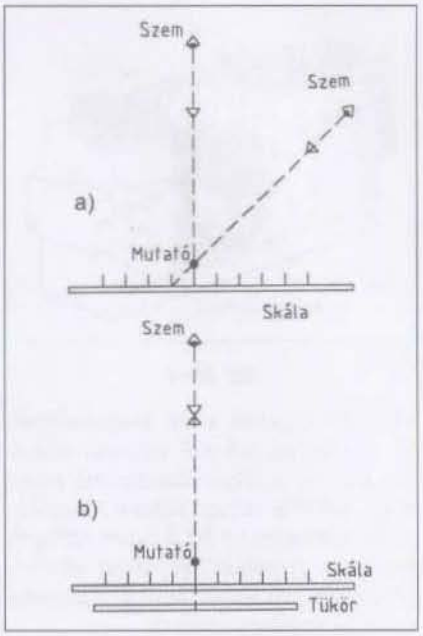
1.5. Digitális voltmérők

Az analóg mérőműszerek pontatlan leolvasása járulékos mérési hibát okoz. A mutató nem súrlódhat a skálalaphoz, közöttük szükségszerűen hézag van. Ezért ha a leolvasást nem pontosan a skálára merőlegesen nézve végzik, a **36.a ábrán** látható mérési hiba (parallaxishiba) keletkezik. A jó minőségű analóg műszereken e hiba kiküszöbölésére szolgál a „tükörskála". Ha a mutató és tükörképe egy vonalba esik, akkor merőleges a leolvasási irány a skálalapra, így akkor lehet pontos leolvasást végezni (**36.b ábra**).

További leolvasási hibát okoz, ha a mutató két skálaosztás között áll meg. Ilyenkor a mutatott értéket csak becsléssel lehet megállapítani, melynek pontossága attól függ, hogy a leolvasást végző személy mennyire gyakorlott. (A mechanikai mérőmű nonlinearitásából és mechanikai bizonytalanságaiból adódó hibák sokszor amúgy is megkérdőjelezik a tört skálaosztások becslését.) *A leolvasási hiba digitális kijelzéssel teljesen kiküszöbölhető.*



35. ábra

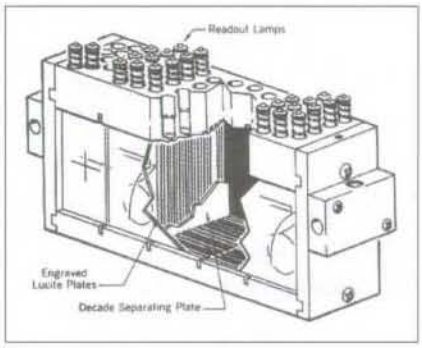


36. ábra

A digitális feszültségmérő ötletét először a második világháború alatt a *Jack & Heintz* cég mérnöke, *Andrew F. Kay* vetette fel. Azt tapasztalta, hogy a gyártást és bemérést végző, a háborús idők miatt nem kellően képzett dolgozók a precíziós feszültségmérésekhez akkor használt Kelvin-hidakat nem tudják pontosan beállítani és leolvasni. Sőt, túlterhelve a híd érzékeny galvanométerét, a drága műszert gyakran tönkre is teszik.

Kay egy pontos, nagy felbontású és a Kelvin-hidat gyorsabban kiegyenlítő, képzetlen kezelő által is leolvasható és túlterhelés ellen védett voltmérőt kívánt tervezni. Ötlete megvalósítására 1952-ben megalapította a *Non-Linear Systems* (*NLS*) céget. Ugyanebben az évben el is készült a világ első digitális voltmérője (**37. ábra**), mely a Kelvin-híd potenciométereinek digitális utánzásaként gyors működésű jelfogókkal (igen hangos kattogással) ellenálláso-

37. ábra



38. ábra

kat kapcsolgatott a híd kiegyenlítéséig. (Egyik ezt követő változat működés közben a https://dooclip.me/video/flDgE-VRPTE helyen látható.) Később, az EI mintájára az NLS áttért jelfogók helyett a Strowger rendszerű telefonközpontokban használatos elektromágneses léptetőkapcsolókra.

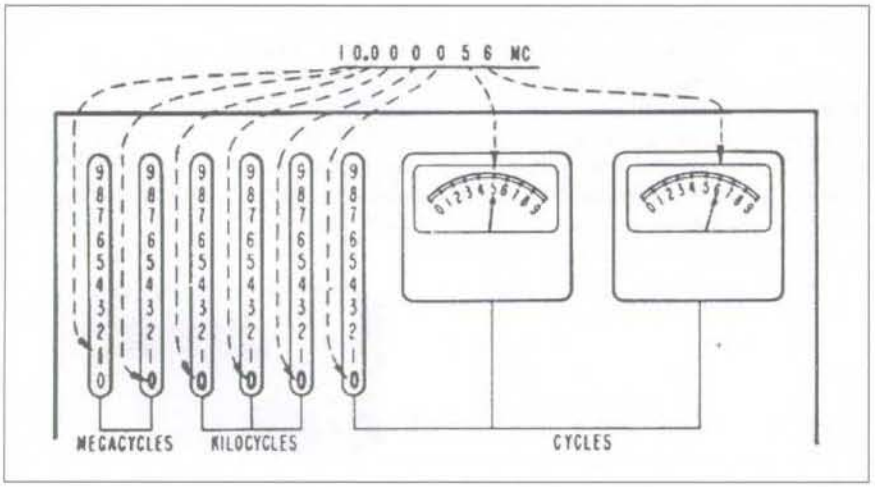
A 4 digites (±999,9) műszer 0,1% pontosságú volt, automatikus méréshatárváltással és automatikus polaritásváltással. A kijelző egy-egy digitje 11 egymás mögött elhelyezett Lucite gyártmányú átlátszó műanyaglemezből állt, melyekbe a számjegyek, illetve a tizedespont mélyen be voltak gravírozva. Amikor a kijelzendő digit lemezének az élét a fölötte levő 4 miniatűr izzó megvilágította, a belegravírozott számjegy láthatóvá vált. (A 11 lemez megvilágításához tehát 44 izzó, a „+" és „–" előjelekhez további 8 izzó volt szükséges. A **38. ábrán** látható rendszerű kijelzőt úgy tervezték meg, hogy a kiégett izzók könnyen cserélhetők legyenek. Egy 1962-es NLS katalógus a digitális voltmérőkre húsz másodperces izzócsere-időt ígért.)

A gyártó ennek a kijelzőnek az „in-line, but not in-plane" (egy sorban de nem egy síkban) megnevezést adta megkülönböztetésül a korai digitális frekvenciamérőkön általánosan alkalmazott oszlopos kijelzőktől, melyeknél az előlappal egy síkban, „hőmérőszerűen" egymás fölött elhelyezett számjegyek valamelyikét világították meg.

Hasonló elven pl. az EMG is gyártott hatalmas méretű, 25 kg tömegű asztali DVM-et. A TR-1361 típusú négydigites műszerben a feszültségosztókat „ALMA" feliratú testes, precíziós huzalellenállásokból építették fel – melyek között 9 Mohmos(!) is szerepelt –, a referenciafeszültséget pedig egy Muirhead D-845-D típusú Weston-féle normálelem szolgáltata. A kapcsolgatásokat Siemens egységrelék végezték, amelyeket germániumtranzisztoros logika vezérelt, míg a műszer bemenete csöves volt. A műszerhez szintén komoly méretű AC/DC, ill. R/DC mérőkonvertert is gyártottak.

Érdekesség, hogy pl. az 1951-ben bemutatott HP 524A frekvenciamérő „őszvér" megoldású volt (**39. ábra**), az első hat digitet a „hőmérőkről", az utolsó kettőt analóg műszeren kellett leolvasni. Az „in-line, but not in-plane" kijelzőt az NLS az 1960-as évek végéig használta, akkor Nixie csöves kijelzőkre tért át.

1954-ben az NLS-t elhagyta első mérnöke, *Jonathan Edwards*, és *Walter East* üzletkötővel megalapította az *Electro Instruments* (*EI*) céget. Az EI állította elő az NLS digitális voltmérőjének első versenytársát, amely szintén Kelvin-híd kiegyenlítésével dolgozott. Az NLS gyors működésű jelfogói helyett azonban sokkal olcsóbban beszerezhető (bár lassabb és rövidebb élettartamú), telefonközponthoz készült léptetőkapcsolókat alkalmazott.



39. ábra

40. ábra

Harmadikként az 1951-ben *Walter Zable* által alapított *CUBIC Corp.* (San Diego, CAL) jelentkezett digitális voltmérővel 1957-ben, de az üzlet nem volt kellően nyereséges, így 1960-ban befejezte a DVM-ek gyártását. Egyik utolsó, V-45 modellje a **40. ábrán** látható.

A negyedik DVM gyártó, a *COHU Inc.* (Poway, CA) 1958-ban mutatta be első modelljét, amely a Kelvin híd kiegyenlítéséhez szintén telefonközponti léptetőkapcsolókat használt. Kijelzője a megjelenítendő számot a hozzá tartozó miniatűr izzóval egy síkfilmről vetítette az előlapi ernyőre. Ez volt az első „in-line, in-plane" kijelző. A cég idővel – az akkorra már sok versenytárs miatt – megszüntette a DVM-ek gyártását.

Később a *Noel Braymer* és *Norman Walker* által alapított *Dana Laboratories* (*CAL*) állított elő Nixie-csöves kijelzős, jelfogók helyett már kapcsolótranzisztorokkal működő DVM-et. További újításként a bemenetet földfüggetlenné tette. A méréshatárváltást jelfogókkal oldották meg. Ez volt az első Nixie-csöves kijelzőt alkalmazó műszer, megelőzve az NLS fent említett fejlesztését.

A Nixie-csövet (**41. ábra**) a *Borroughs* cég fejlesztette ki 1954-ben. Ez tulajdonképpen egy glimmlámpa, melyben közös üvegbúrában egy vékony huzalból készült rácsos kivitelű anód mögött mélységben eltolva számjegy formájúra kialakított katódok sorakoznak. (Azaz ez is „in-line, but not in-plane" kijelző.) Ezek a katódok külön vannak kivezetve, közülük mindig csak a kijelzendő szám katódja kap negatív feszültséget.

41. ábra

42. ábra

A cső jellemző begyújtási feszültsége 180 V, égési feszültség 155 V, a kioltó feszültség 110 V, egy-egy katód üzemi árama 1...2 mA.

1959-ben a HP jelentkezett *Ted Anderson* és *Noel Pace* által fejlesztett 405-AR digitális voltmérőjével (**42. ábra**), amely már korszerű, teljesen elektronikus volt, mai elnevezés szerint „single slope" (egyszeres integrálású) elven működött. Az eljárás röviden összefoglalva: a mérés kezdetekor egy fűrészgenerátor 0 feszültségről indul, ugyanekkor egy számláló a műszer óragenerátorának, ami szükségszerűen kvarcoszcillátor alapú volt, pulzusait számlálni kezdi. A fűrészgenerátor egyenletesen növekvő feszültségét egy komparátor összehasonlítja a mért feszültséggel, és amikor átlépi azt, leállítja a számlálást. Ekkor a számláló állása –, amely megjelenik a kijelzőn –, arányos a mérendő feszültséggel. A három digites, Nixie-csöves kijelzésű műszer pontossága 0,1% volt. A 405-AR digitális kimenettel is rendelkezett adatrögzítés céljára.

Külsőre igen hasonló a fentihez az 1963-ben megjelent, *Chuck Near* vezetésével fejlesztett, 4 digites HP 3440A (**43. ábra**). Ez a műszer „dual slope", azaz kettős integrálású A/D átalakítóval működik. A „dual slope" módszert először a Fairchild alkalmazta kis asztali multiméterében, melynek fejlesztője *Steve Amman* volt. A későbbiekben ezt a módszert számos gyártó átvette. A Farchild DVM-jei nem maradtak a piacon.

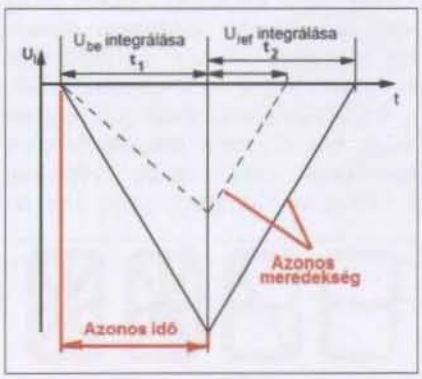
43. ábra

A kétszeres integrálás kiejti az integrátor alkatrészei és az óragenerátor pontatlanságából eredő mérési hibát, gyakorlatilag csak a referenciafeszültség határozza meg a mérési pontosságot. (A ma olcsón, hatalmas választékban beszerezhető digitális multiméterek analóg-digitális átalakítója is ezen az elven konvertál. – *A szerk.*)

A mérés kezdetén a számláló nullán áll, az integrátor kimenőfeszültsége is 0. A feszültségmérési ciklus kezdetekor az óragenerátor léptetni kezdi a számlálót. A műszer bemenetére kapcsolt U_{BE} mérendő feszültség hatására az integrátor kimenetén U_{BE}-vel arányosan, de ellenkező polaritással nő a feszültség. A számláló az óraimpulzusokat addig számlálja, ameddig túl nem csordul, és ismét nullát nem mutat, azaz (maximális kijelezhető szám + 1)-et lép. (Ez a t_1 idő tehát a mérendő feszültségtől független; csak az órafrekvenciától és a számláló digitjeinek a számától függ.) Ekkor az integrátor bemenetére U_{BE}-vel ellentétes polaritással U_{REF} referenciafeszültség kapcsolódik, melynek hatására az integrátor kimenő feszültsége U_{REF}-el arányosan csökken. Amikor az integrátor feszültsége a kezdeti állapotba, 0-ra ér, a számlálás leáll. A megszámlált impulzusok száma arányos az eltelt t_2 idővel, azaz a mérendő feszültséggel (**44. ábra**). Ha a számlálón kijelezhető maximális szám M, és t_2 idő után a mutatott szám N, a mért feszültség:

$$U_{BE} = N \cdot U_{REF}/(M+1).$$

Ahhoz, hogy ez az egyenlőség fennálljon, csak az kell, hogy a mérés ideje (t_1+t_2) alatt az órafrekvencia állandó legyen, ami könnyen (akár kristályoszcillátor nélkül is) megoldható. Ugyanekkor nagyon pontos és stabil referenciafeszültség szükséges. Ezzel a módszerrel a HP 3440A pontossá-



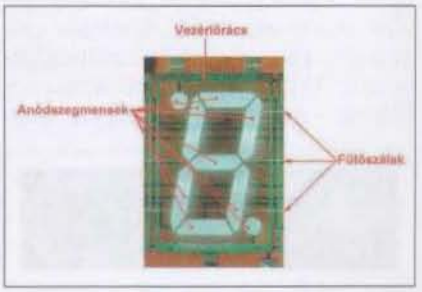
44. ábra

45. ábra

ga 0,01% volt. A mért értéket Nixie-csöves kijelző mutatja.

A bemutatott első digitális feszültségmérőket a későbbiekben különböző cégek által gyártott műszerek nagy számban követték. Ezek egyre pontosabb mérési eredményt tudtak szolgáltatni, ennek megfelelően a kijelzett digitek száma is növekedett. Az asztali műszerek kijelzői is fejlődtek, a számjegyeken, tizedesponton és előjelen kívül a mért mennyiségre, a mérés módjára utaló karakterek megjelenítésére is képesekké váltak. A számjegyeket (eltekintve a pontmátrix rendszerű kijelzőktől) jellemzően 7 szegmenses kijelzőkkel jelenítik meg.

Érdekesség, hogy az első hordozható (handheld) multimétert 1974-ben a *Sinclair Radionics Ltd.* (Cambridge, England) Nixie-csövekkel készítette el DM-1 típusjelzéssel (**45. ábra**). A gyártó nem készült fel a műszer iránti óriási keresletre, a megrendelőknek hónapokat kellett várniuk, amíg megkapták a készüléket. Mire a gyártás felfejlődött, a DM-1 hibái már széles körben ismertté váltak, és az 1974 novemberében felére csökkentett ár dacára az eladások nem növekedtek. A Sinclair annyira megbukottnak tartotta ezt a termékét, hogy 1978-ban műszergyártmányairól megjelent összefoglalójában meg sem említette.



46. ábra

Asztali (benchtop) műszereknél széles körben a következő kijelzők terjedtek el:

– Vákuumfluoreszcens kijelző.

(Vacuum Fluorescent Display, VFD, (**46. ábra**) katódsugárcsőhöz hasonlóan működik. A katód közvetlen fűtésű, kb. 10 um átmérőjű, emissziós réteggel bevont, egyik végén miniatűr rugó által feszített wolfrám fűtőszálból (vagy fűtőszálakból) áll. Az izzított fűtőszál(ak)on – méretétől függően – 1...4 V-os feszültség hatására 20...70 mA áram folyik, hőmérséklete 600...650 °C. A wolframszál sötétvörös izzása csak teljes sötétben válik láthatóvá. A búrából külön kivezetett anódszegmenseket fénypor borítja, amely a becsapódó elektronok hatására fényt (többnyire zöld, ritkábban kék színűt) bocsát ki. A kivilágítani kívánt szegmensekre a katódhoz képest +20...30 V feszültséget kell kapcsolni.

A vezérlőrács fő szerepe az anódáram szabályozása. Amennyiben a katódhoz képest kis negatív feszültségre kerül, az anódáramot az anódfeszültségtől függetlenül lezárja, ez lehetővé teszi a kijelző kapcsoló üzemű működtetését. A katódhoz képest pozitív rácsfeszültség – hasonlóan az elektroncső diódákhoz – a feszültség 3/2 hatványának megfelelően szabályozza az anódáramot (és így a kibocsátott fény erősségét). Ilyenkor a rács mintázatán a katódból érkező elektronok 80...90%-a jut át, és kis rácsáram folyik. Fénykibocsátás szempontjából az anódfeszültségnél 10...15 V-tal kisebb vezérlőrácsfeszültség az optimális.

A novál vevőcsőbúrában elhelyezett első generációs VFD kijelzők (1967...1970) egyetlen digit kijelzésére voltak alkalmasak. A második generáció kijelzői (1971...1974) egy fekvő üvegcsőbúrában 6...12 digitet tartalmaztak. 1974-ben jelentek meg a harmadik generációs (lapos üvegbúrájú), 6...18 digites változatok. (Utóbbi két kialakítást a zseb- és asztali számológépek kijelzőjeként is előszeretettel alkalmazták akkoriban. A telepes számológépekben a kijelző feszültségigényét többkimenetű DC/DC konverter fedezte. – *A szerk.*) A számjegyek szegmensein kívül betűk, betűcsoportok is képezhetnek anódszegmenst. Ez adott műszer beállításait, a mértékegységet stb. tartalmazhatják (**47. ábra**).

48. ábra

1978-tól grafikus megjelenítésre is alkalmas, nagyszámú kivilágítható pontot tartalmazó VFD kijelzők is készülnek. Ezeket már nem kell adott műszerhez rendelni, a megjelenített ábrát szoftver határozhatja meg. Ilyen kijelzője van pl. a FLUKE 8846A multiméternek (**48. ábra**).

Különböző fényporokkal egyes szegmensek színei is megváltoztathatók. A fényporok fénykibocsátó képessége a használati idővel csökken. Így a gyakrabban kivilágított szegmensek huzamosabb műszerhasználat után kisebb fényerőt szolgáltatnak, mint a ritkábban használtak. A VFD kijelzők élettartamának azt a működési időt tekintik, amely alatt a fénysűrűsége a kezdeti érték felére csökken. (Az elhasználódott VFD kijelző szegmensei a katódszálak mentén jobban világítanak, mint attól távolabb.)

– LED (Light Emitting Diode, világító dióda) kijelző

Feszültség hatására fényt adó félvezetőt már 1907-ben megfigyelt *H. J. Round* (Marconi Labs.), azonban az első, infravörös fényt kibocsátó LED-et csak 1961-ben (Texas Instruments), látható fényt kibocsátó LED-et pedig 1962-ben sikerült előállítani (General Electric). 1968-ig az infravörös és látható fényű LED-ek darabja kb. 200 USD-be került, ezért csak nagyon drága laboratóriumi berendezésekben használták indikátorként. 1968-ban a Monsanto Company, majd arra támaszkodva a HP állított elő nagy sorozatban GaAsP alapanyagú, látható (piros) fényű LED-eket. A Fairchild Semiconductorsnak planár technológiával gyártott LED-jei árát a '70-es évekre 5 dollárcentre sikerült csökkentenie, lehetővé téve a tömeges felhasználást. Ebben az évtizedben újabb alapanyagok felhasználásával más színű LED-ek is megjelentek.

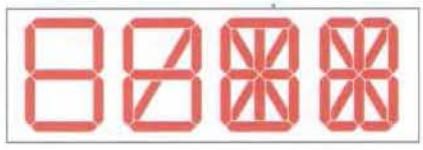
A LED egyik alkalmazási területe a hétszegmenses kijelző. A kisméretű számokat kijelző példányok jellemzően DIP tokozásúak (**49. ábra***). Egy-egy szegmens általában több LED-chipből áll. Az *a)* és a *c)* jelű kijelző egy digit, a *b)* jelű „fél" digit és előjel, a *d)* és az *e)* jelű 2 digit, az *f)* 5 digit, a *g)* 9 digit kijelzésére alkalmas. A *d)*, az *f)* és a *g)* jelű kijelző kisméretű számai nem lennének könnyen leolvashatók, ezért az egyes digitek fölötti átlátszó műanyagban nagyító lencséket képeztek ki.

Bizonyos (pl. az ábrán *a)*-val jelölt) példányokba a szegmenseket meghajtó dekódert is elhelyezték, sőt forgalomba hoztak integrált számlálót és átmeneti tárolót tartalmazó típusokat is. Ellentétben a VFD kijelzőkkel, speciális ábrákat, jelzéseket tartalmazó szegmenseket nem szoktak alkalmazni.

Az első digitális feszültségmérők három-négy-öt „teljes" digitesek voltak, azaz a kijelezhető maximális érték 999, 9999 stb. volt, a méréshatárok pedig 1/10/100 stb. Így azonban pl. 9,999 V mérhető volt (1 mV felbontással) a 10 V-os méréshatárban, de 10,00 V már nem. Ezért az a szokás alakult ki, hogy a méréshatárok nem 1/10/100/..., hanem 2/20/200..., a kijelezhető első karakter csak 1 lehet (a bevezető 0-t nem szokás kijelezni), a maximális kijelezhető szám pedig 1999. Az első, csak 1 értéket felvehető számot „fél digit"-nek nevezték el. Az előbbi esetben a műszer 3 és fél (3½) digites.

Ennek megfelelően készülnek csak az előjelet és az 1-et megjeleníteni képes kijelzők is. Ilyen látható a 49.b ábrán*. A számoktól eltérő karakterek kijelzésére (jellemzően nem feszültségmérőkben) előfordulnak 7, 9, 14 és 16 szegmenses LED kijelzők is (**50. ábra**).

47. ábra



50. ábra

51. ábra

52. ábra

Hétszegmenses, 4 és fél digites LED kijelzésű multiméter pl. a FLUKE 8600A (**51. ábra**). A fél digit (mivel most nem 1) nem jelenik meg.

1972-ben jelent meg a Keithley 167 típusú 3½ digites, LED kijelzős „tapogatós" – a műszerre szerelt tapintócsúcsot közvetlenül kell a mérési pontra csatlakoztatni – kézi műszere. A műszer tápfeszültségét külön dobozban elhelyezett „D" típusú elemek biztosították, de asztali műszerként is használható volt az e célra szolgáló „dokkolóba" dugva (**52. ábra**). Utóbbi célra azonban nem bizonyult alkalmasnak a kis kijelzett számjegyei miatt, amelyek kartávolságnál messzebbről nehezen voltak olvashatók, és a kábele is rövidre sikeredett.

A HP 1973 végén hozta forgalomba HP 940 típusú, szintén „tapogatós" multiméterét, amely nagyon népszerűvé vált. Sikerét pl. annak köszönhette, hogy volt rajta egy kapcsoló, melynek átkapcsolásával a kijelzett érték 180 fokkal elforgatva jelent meg. Így a fölülről, ill. alulról elérhető mérési pontokon mért érték egyaránt egyenes állásban volt leolvasható (**53. ábra**). A DVM egyik végén banánhüvelybe

53. ábra

dugható mérőszondája, azzal szemben, a másik végétől spirálvezeték indult, melynek csipeszét általában a testhez kellett csatlakoztatni. A műszer automata méréshatárváltós volt, csak a mérendő mennyiséget (DCV, ACV, Ohm) kellett beállítani, a hosszanti sáv megnyomásával a mérés megtörtént. Gyártását népszerűsége dacára meg kellett szüntetni. Probléma volt az is, hogy a LED kijelzők gyorsan lemerítették a Ni-Cd akkukat, de főként az, hogy a cégek nem voltak hajlandók vásárolni belőle, mivel ezek a műszereik rövid idő után titokzatos módon rendre eltűntek... A HP zárható bilincset ajánlott, de ez tönkretette volna a műszer vonzerejét.

A fejlesztés eredményeként az újabb műszerek méréshatárai nőttek, ennek megfelelően a kijelezhető maximális érték 2400, 2500, 3600, 4200, 6200 stb. lett (így előbb-utóbb ismét eléri a 9999-et...). Az 1-nél nagyobb, de kilencnél kisebb első digitet „háromnegyed digitnek" szokták nevezni.

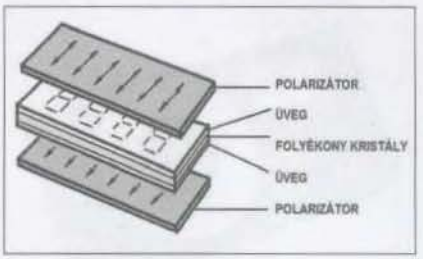
1977-ben a Sinclair Radionics PDM-35 típusjellel újabb hordozható multimétert készített (**54. ábra**), melyben 7 szegmenses LED kijelzőket használt. A gyártó korábbi zsebszámológépe dobozába épített 3½ digites műszer (hasonlóan Nixie-csöves elődjéhez) nem lett sikeres, mivel a fogyasztás csökkentése érdekében gyengén világító kijelzőt nehéz volt leolvasni.

– LCD (Liquid Crystal Display, folyadékkristályos kijelző)

A folyadékkristályos kijelző (melyet elsőként az RCA fejlesztett ki 1968-ban) passzív alkatrész, amelynek szegmensei nem bocsátanak ki fényt, hanem azt vagy áteresztik, vagy nem.

A folyékony kristály olyan folyadék, melynek hosszúkás, szivar alakú molekulái (+) töltésű atommagjai elektromos súlypontjának időbeli átlaga nem esik egybe (–) töltésű elektronjaiéval. Így elektromos irányultsággal

54. ábra



55. ábra

rendelkező „dipólusmolekulát" képeznek. Ezek a molekulák meghatározott körülmények esetén azonos irányultsággal rendelkező csoportokba rendeződnek, azonban az egyes csoportok irányultsága nem egyforma. Külső „orientálással" (pl. elektromos térrel) e dipóluscsoportok azonos irányba fordíthatók. Így a folyadék molekulái szilárd anyagok kristályszerkezetéhez hasonló rendezett állapotba kerülnek. Ebből adódik a „folyadékkristály" elnevezés. Az azonos irányba fordult molekulacsoportok a fényt polarizálva átengedik. Orientáló hatása van a kapilláris hatás miatt a folyadék tartója falának is, 10...30 um-es mélységben.

Az LCD működésének alapelvét az **55. ábra** szemlélteti. Az ábrán a felső polarizátor a rövidebb oldallal párhuzamos polarizációjú. Az alatta levő LCD egység felső üveglapjának belső oldalán átlátszó vezetőrétegből alakítják ki a megjeleníthető szegmenseket (és vezetik ki azokat az üveg rövidebb oldala felé). Az alsó üveglap belső oldalának egészén ugyancsak a rövidebb oldalon kivezetett átlátszó vezetőréteg van. A két üveglap közötti távolság 6...25 um, így a két üveglap orientáló hatása a köztük levő folyadékkristály egészére érvényesül.

A környezetből ráeső fény áthalad a felső polarizátoron. Ha ez a polarizáció a folyadékkristály optikai tengelye polarizációnak megfelelő síkban áll, a fény változatlanul áthalad a kristályon. Ha az alsó polarizátor a felsővel megegyező irányú (mint az ábrán), akkor a

56. ábra

57. ábra

fényt áteresztí. Ha viszont az alsó polarizátor erre merőleges (a hosszabbik oldalával párhuzamos) polarizációjú, a fényt teljesen kioltja.

A két üveglemez elektródái közé feszültséget kapcsolva, a folyadékkristály orientációja elfordul, és a ráeső fény polarizációját 90 fokkal elforgatja. Ekkor keresztirányú (az üveg hosszstengelyével párhuzamosan polarizált) alsó polarizátor engedi át a fényt, és a felsővel azonos polarizációjú oltja ki.

Mivel a kijelzők közül az LCD működtetése igényli a legkisebb teljesítményt, elsősorban hordozható, telepes vagy akkumulátoros eszközökben szinte kizárólagosan ilyen kijelzőt használnak. Erre (meg a lapos képernyős monitorokra, mobiltelefonokra stb.) tekintettel az LCD-k hatalmas fejlődésen estek át az ismertetett, 50 évvel ezelőtti alapokhoz képest!

A hordozható műszerekben a fogyasztás csökkentése céljából régebben csak maga a passzív LCD volt beépítve, így az eredmény leolvasásához külső fény volt szükséges. Újabb készülékeknél rövid időre bekapcsolható LED világítja meg a kijelzőt vagy a hátoldal felől (mint az asztali műszerekben szokás) vagy oldalról. Mérőműszerekhez speciális LCD-k készülnek a kijelezhető értékek, jelzések szegmenseivel (**56. ábra**; hasonlót nyilván mindenki láthat a saját DMM-jén).

58. ábra

Az első folyadékkristályos kijelzőjű, 3½ digites, hordozható (handheld) digitális műszert, a DANAMETER-2000-t (**57. ábra**) a *Dana Labs.* mutatta be 1974-ben. Ekkoriban kezdték a gyártók az első, csak „1" számot megjelentetni képes „féldigites" műszerek gyártását. 1979-ben a HP annyira megerősödött, hogy a DANA már nem kívánt versenyezni vele, tulajdonosa eladta a brit RACAL cégnek. Ez után a RACAL-DANA kiszállt a digitális voltmérők gyártásából.

Az első megbízható, hordozható digitális multimétert 8020A típusszámmal a FLUKE mutatta be 1977-ben (**58. ábra**). Ez a műszer tette a céget a világ egyik vezető műszergyártójává. A 9 V-os telep kb. 200 óra üzemidőt biztosított. Az A/D átalakító, egyúttal az LCD-t közvetlenül vezérlő CMOS chipet (429100) szintén a FLUKE fejlesztette ki az *Intersil* közreműködésével. A chipet LED meghajtóval is elkészítették, de ezt soha nem használták. Egy évvel a 8020A megjelenése után az Intersil a Fluke szabadalmának megkerülése céljából kimaszkolta a chipnek azt a részét, amely a 200 mV és 2 V közötti automatikus méréshatárváltást tette lehetővé, és az LCD, ill. LED meghajtós változatot a mára közismert 7106, ill. 7107 típusjellel dobta piacra. A FLUKE a 8020A-t 1984-ig gyártotta, ez alatt több, mint 250 000 példányt adott el. Az 1980-as évek elején megjelent, továbbfejlesztett 8020B-ből az évtized végére 1 000 000 db talált gazdára.

A 7106 és 7107 IC felhasználásával sok cég állított elő a 8020-ra épülő, és megjelenésében is hasonló multimétert, így Magyarországon elsőként a *Dunamenti Mgtsz* (Göd) is, MINIMULTI néven (**59. ábra**, bal oldal).

Az idők múlásával a handheld multiméterek mérete csökkent, képességeik (és integrált áramköreik bonyolultsága) sokat növekedtek. A méretek összehasonlításához az előbbi MINIMULTI mellett látható egy kínai gyártmányú (ANENG AN8001 típusú), automata

59. ábra

méréshatárváltós multiméter. Megvilágítható, 3¾ digites LCD-je 6200-ig jelez ki hatalmas számjegyeket (ennek megfelelők a méréshatárai is). Az alapfunkciókon (és a szokásos kiegészítőkön: szakadásvizsgálat, dióda nyitófeszültség-vizsgálat, „HOLD": a kijelzett eredmény megtartása a mért mennyiség lekapcsolása után is, automata tápfeszültség kikapcsolás, automata LCD világítás-kikapcsolás) kívül frekvenciamérésre is alkalmas.

SMD-ken végzett mérésekhez készült a **60. ábrán** látható HoldPeak HP 990B multiméter. A műszer két mérőpontja csipeszszerűen van kiképezve, vizsgálandó SM alkatrész a csipesz két szára közé fogható. Amennyiben nem SMD-n kell mérést végezni, a csipesz fém részén kialakított „banánhüvelyekhez" lehet a tartozék mérőzsinórt csatlakoztatni. A multiméter a következő mérésekre alkalmas (valamennyit automata méréshatárváltással):

– ellenállás 400 ohm, 4 kohm, 40 kohm, 400 kohm, 4 Mohm, 40 Mohm méréshatárokkal;

– dióda nyitófeszültségének mérése (mérőfeszültség: 1,5 V, mérőáram 2 mA);

– szakadásvizsgálat: 30 ohmnál kisebb mért ellenállás esetén hangjelzést ad;

60. ábra

61. ábra

– kapacitásmérés 4 nF, 40 nF, 400 nF, 4 uF, 40 uF, 200 uF méréshatárokkal;
– Z-dióda, LED kapcsain feszültségesés mérése, mérőfeszültség 20 V, mérőáram: 1 mA;
– telepfeszültség-mérés max. 36 V, mérőáram: 10 mA.

Relatív mérés is végezhető (a pillanatnyilag mért érték kinullázódik, a további mérési eredmény a nullázáskor mért értékhez képest jelenik meg). A mérési pontosság a mért mennyiségtől függően a leolvasott érték 1,5...2,5%-a +5 digit. Az összes beállításhoz két nyomógomb és egy tológomb áll rendelkezésre. A műszer tizennégy perc tétlenség után hangjelzést ad, további egy perc múlva automatikusan kikapcsol.

Természetesen asztali (benchtop) multiméterek is készültek háttérvilágítás nélküli LCD-vel (pl. SOAR 5025; **61. ábra**), bár az ilyen műszerekhez alkalmasabbak a fényt kibocsátó kijelzők, melyeknek nem szükséges külön megvilágítás. A műszer különleges szolgáltatása, hogy – a kijelzőtől jobbra fekete mezőben elhelyezett „COMP" gomb lenyomásakor – „megy-nem megy" típusú vizsgálatot végez. Ha a kijelzett számjegyek a felső kapcsolósoron beállított értékek közé esnek, sípoló hang szólal meg, és COMP gombtól jobbra eső LED sorból a középső, zöld színű „Go" gyullad ki. Ha a mért érték a beállítottnál kisebb, akkor a bal „Lo", ha nagyobb, akkor a jobb oldali „Hi" piros LED világít.

62. ábra

1.6. Oszcilloszkópok

Katódsugárcsöves műszert korábban is használtak mérésre, de – mivel vízszintes eltérítő generátort még nem tudtak kifejleszteni – más célokra (pl. KF erősítő átvjteli görbéjének beállításához).

Az első, mai értelemben oszcilloszkópnak nevezhető műszert *Bedell és Reich* 1927-ben bejelentett találmánya alapján a *H .C. Burt Co.* gyártotta. Ekkor használták először az „oszcilloszkóp" megnevezést arra utalva, hogy – eltérően a korábbi, pl. filmre rögzítő jelalakvizsgáló berendezésektől (oszcillográfoktól) – vizuális megfigyelésre készült.

A *General Radio Co.* (Cambridge, MASS, USA) Type 506A Bedell Linear Sweep Circuit néven hozta forgalomba az első, oszcilloszkóp X eltérítését vezérelni képes termékét, amely biztosította a sugár egyenletes sebességét, és stabilan álló ábra megjelenítését.

1931-ben ennek a felhasználásával készítette el Type 535-A jelű oszcilloszkópját, amely három különálló egységből állt: a katódsugárcsőből, az 506A sweep áramkörből, és a tápegységből (**62. ábra**).

Többszöri továbbfejlesztés után a GR 1934-ben jelentette meg Type 687-A típusjelzéssel (**63. ábra**) a valaha piacon megjelent első komplett oszcilloszkópot, amely egy házban tartalmazta összes egységét, a sweep generátort és a tápegységet is beleértve. Erősítőt – ami a sávszélességét korlátozta volna – nem tartalmazott, ezért 130 MHz-ig használható volt. Kezelőszervei nem az előlapon, hanem a műszer bal oldalán voltak.

Röviddel ezután a GR befejezte az oszcilloszkópok gyártását, mert az elektroncsövek még nem voltak elég fejlettek, ezért ezek a műszerek – a legdrágábbak kivételével – nem voltak alkalmasak a pontos laboratóriumi mérésekre. 1938-ban még 770-A típusszámmal olyan oszcilloszkópot fejlesztettek ki, amely már rendelkezett a mai analóg oszcilloszkópok legtöbb tulajdonságával. A Type 770-A azonban soha nem került a piacra, mert túl bonyolultnak találták a gyártását, és túl drágának ahhoz, hogy el lehessen adni. Csak a cégen belül használták.

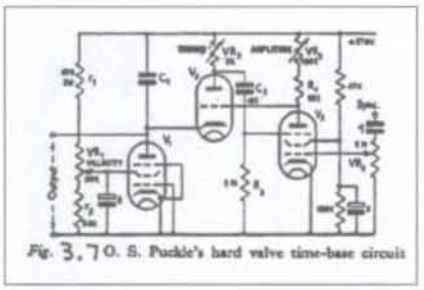
Az első „kétsugaras" oszcilloszkópot az *A. C. Cossor Ltd.* (London, GB) 1937-ben jelentette meg, 3339 típusjelel (**64. ábra**; egy felújított pél-

63. ábra

dány oldalnézete látható). Két (Cossor gyártmányú 42SPT csővel működő) Y erősítőt alkalmazott. Ezt a csövet tévékészülékek videoerősítője számára fejlesztették, így nagy anódfeszültséggel, erősítéssel és sávszélességgel dolgozott. Ténylegesen a katódsugárcső csak egyetlen elektronágyút tartalmazott, de a két Y eltérítő lemez között egy földpotenciálra kapcsolt harmadikat helyeztek el, amely a már fókuszált sugárnyalábot kettéválasztotta. A két Y erősítő aszimmetrikusan, a földelt középső lemezhez képest hajtotta meg a felső és alsó eltérítő lemezt, így a felső és alsó sugár külön volt vezérelhető. Az eltérítési módból következően az alsó sugár pozitív eltérítő feszültségre lefelé térült el, tehát a felső sugárhoz viszonyítva invertáltan jelent meg. Az Y erősítés a 10 Hz... 2 MHz tartományban $A_u = 400$ volt.

Opcióként egysugaras katódsugárcsővel is meg lehetett rendelni, a két Y erősítőt kaszkádba lehetett kapcsolni, ekkor 4000-es erősítést lehetett elérni 100 kHz felső határfrekvenciával. Külön egységként csatlakozott a műszerhez egy automatikus fényerőszabályozó egység, amely – bizonyos határok között – nagyobb írássebességnél növelte a fényerőt. Az Y feszültségosztó a ma megszokottól el-

64. ábra



65. ábra

térően nem az erősítő bemenete előtt, hanem az erősítő és a katódsugárcső között volt.

A második világháború alatt Angliában ennek az oszcilloszkópnak a használata vált általánossá. A brit hadsereg szabványosítani kívánta a használt elektroncsöveket, és a 42SPT helyett a 807 típusú csövet vezette be, melynek az erősítése kisebb volt. Az ezzel épült, továbbfejlesztett oszcilloszkópokat a Crossor 339 típusszámmal 1938-tól egészen 1947-ig gyártotta.

Korábban a fűrészfeszültség előállításához használt ködfénylámpás oszcillátorral az eltérítő frekvencia maximuma 10...15 kHz volt. Ebben a műszerben a *Puckle* által 1933-ban szabadalmaztatott elektroncsöves fűrészgenerátort alkalmazták (kapcsolása: **65. ábra**), amelyet 250 kHz-ig lehetett szinkronizálni. A V1 cső a VR1-en beállított feszültségtől függő árammal tölti a C1-et. A kondenzátor töltődésének hatására a V1 anódfeszültsége – és ezzel a V2 katódfeszültsége – egyenletesen csökken addig, ameddig a katódfeszültség a V2 rácsfeszültsége alá nem kerül. Ekkor a V2 nyitni kezd és kisüti a C1-et. A V2 csökkenő anódfeszültsége a C2-n keresztül csökkenti a V3 árnyékolórácsának feszültségét, ezzel annak anódáramát, ami a V3 anódfeszültségének a növekedésével jár. Ez a V2 rácsára jutva a csövet jobban kinyitja, ezzel gyorsítva a kisütés folyamatát. A szinkronjel a VR4-gyel leosztott része a V3 vezérlőrácsára jutva befolyásolja a V2 rácsfeszültségét, és ezzel a C1 kisütésének a kezdő időpontját. (A későbbiekben a triggereléshez az áramkört egy V4-gyel egészítették ki, amely a V3-mal monostabil multivibrátort alkot.)

66. ábra

Ezt az oszcilloszkópot széleskörűen használták a II. világháború alatt a radar fejlesztésénél és üzemeltetésénél. Jól használható impulzusok lefutásának megfigyelésére, de – mivel nem kalibrálható – mérésre nem alkalmas.

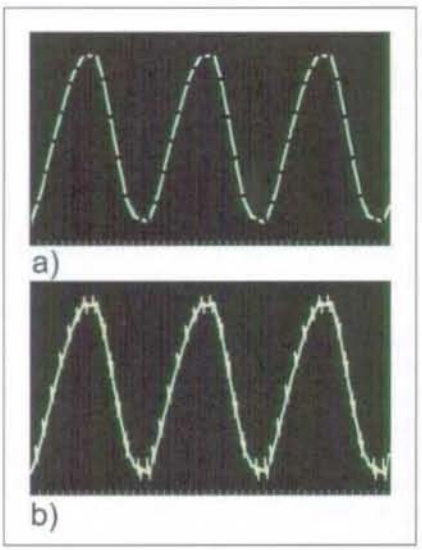
Az időbázist – az oszcilloszkóp X irányú eltérítését valószínűleg kikapcsolva – olyan kamerával készült felvétellel próbálták pótolni, amelyben a film ismert egyenletes sebességgel haladt.

1939-ben jelent meg a *Du Mont Laboratories* (Passaic, NJ, USA) 164 típusszámú általános célú oszcilloszkópja (**66. ábra**). Az 1940-es években a Du Mont lett az oszcilloszkópgyártás piacvezető cége. Oszcilloszkópjait „Oscillograph" néven hozta forgalomba. (Akkoriban – és még jó ideig – léteztek tükrös/hurkos galvanométeren alapuló, fénysugárral egy egyenletes sebességű filmszalagra iró „valódi" oszcillográfok, pl. EKG céljára.)

Európában a második világháborút követő évtizedben ugyancsak szinkronizálható oszcilloszkópok készültek.

Az áramkörök termikus instabilitása miatt a fokozatok között csak AC csatolást lehetett alkalmazni, így az oszcilloszkóp csak AC mérésre volt alkalmas. A feszültség „kalibrációja" a bemenetre a mért jel helyett kívülről érkező, ismert amplitúdójú jelet adva, amplitúdóik összehasonlításával történt. Később az oszcilloszkópon belül állították elő a kiválasztható amplitúdójú referenciafeszültséget a hálózati transzformátor tekercseiről érkező szinuszos (később csöves áramkörrel vagy Z-diódákkal vágott) jel formájában.

Időmérést „csengetett oszcillátor" segítségével lehetett végezni, amelyet a fűrészgenerátortól kapott visszafutási jel indított. Így mindig akkor adott egy-egy impulzust, amikor az elektronsugár vízszintesen a képernyőnek azonos pontján volt. Az oszcillátor periódusidejét előlapi kapcsolóval lehetett állítani. Az időmérő impulzusokat



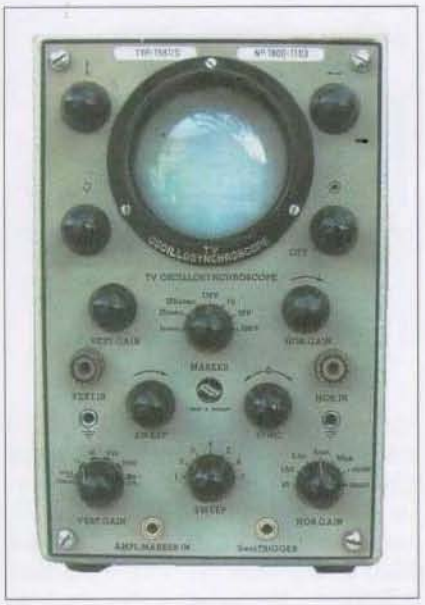
67. ábra

vagy fénymarkerként (az elektronsugarat az impulzusok idejére kioltva, **67.a ábra**), vagy „lovasmarkerként", a mért jelre ültetve jelenítették meg (a **67.b ábra**).

Az időmérés a mérendő jelszakaszon a markerek megszámlálásával történik. Az előbbi ábrán látható jel egy periódusa alatt éppen 14 marker található. Ha ezek pl. 1 ms-onként jelennek meg (a markergenerátor 1 kHz frekvenciára van állítva), akkor a mért jel periódusideje 14 ms, azaz frekvenciája 71,43 Hz.

Magyarországon ebben az időben az *ORION*, majd az EMG fejlesztett és gyártott oszcilloszkópokat. 1959-ben jelent meg a 1535/B típusszámú, jól áttekinthető előlapú, 1 MHz-es osz-

68. ábra



69. ábra

cilloszkóp, amely azonban nem volt feszültség- és időmérést lehetővé tevő áramkörökkel ellátva (**68. ábra**).

Az 1960-ban már gyártott 1581/S TV OSCILLOSYNCHROSCOPE (**69. ábra**) viszont már tartalmazta ezeket a szolgáltatásokat. (A gyártását később elektronikai szövetkezetek vették át.) A műszer mérési módját katódsugárcső alatti „MARKER" kapcsoló állása határozza meg. „OFF" állásban a képernyőn a „VERT IN" bemenetre kapcsolt jel jelenik meg. A „SWEEP" kapcsolójával fokozatokban, potenciométerével folyamatosan szabályozható az X fűrészgenerátor frekvenciája. Ezt úgy kell beállítani, hogy periódusideje valamivel nagyobb legyen a vizsgálandó jel periódusideje többszörösének. A bemenetre kapcsolt jelből képzett szinkronjel amplitúdója a „SYNC" potenciométerrel úgy állítandó be, hogy a

70. ábra

fűrészgenerátor jelére szuperponálódva az indítsa meg a visszafutást. Így a fűrészgenerátor periódusideje a vizsgálandó jelével azonos lesz; a jel az ernyőn állni látszik.

A „MARKER" kapcsolót jobbra fordítva az erősítő bemenetére a vizsgált jel helyett a hálózati transzformátorról érkező 1 V/10 V/100 V kétszeres amplitúdójú szinuszjel kerül. Ha a „VERT GAIN" fokozatkapcsolót és potenciométert úgy állítjuk be, hogy pl. a csúcstól csúcsig 1 V-os referenciajel a katódsugárcső előtti plexilemez skáláján 10 osztás kitérést okozzon, akkor az adott erősítéssel 1 osztás 100 mV-nak felel meg. Ez nem változik meg a kapcsolót „OFF" állásba kapcsolva sem, az ekkor az ernyőre kerülő bemenőjel amplitúdója a skáláról leolvasható (vagy legalább is megbecsülhető). A hálózati transzformátorról érkező, a hálózat feszültségingadozásait követő feszültségreferencia viszont már eleve csökkenti a mérési eredmény pontosságát.

A marker kapcsolót balra forgatva, az ernyőn a bemenőjelen a kijelölt időnként (ezen a szkópon fény-) markerek jelennek meg. A vizsgált jelszakasz időtartamát az ott megjelenő markerek megszámlálásával lehet kiszámítani/megbecsülni. Az oszcilloszkóp sávszélessége különböző változataiban 8 MHz-ig terjedt.

Az első olyan oszcilloszkóp, amelylyel a mai értelemben (az ernyő előtti skála osztásairól leolvasva) kalibrált feszültség- és időmérést lehetett végezni, és amely ugyancsak a világon elsőként triggerelt időalappal és Y késleltető művonallal rendelkezett, az 1947-től gyártott *TEKTRONIX* (Beaverton, OR, USA) 511 típusszámú készüléke volt (**70. ábra**).

A vizsgált jel a képernyőn „álló" állapotát a mai oszcilloszkópokon is a (*Howard Vollum* és *Jack Murdock* által feltalált) triggerelés biztosítja. A fűrészgenerátor jele a visszafutás után leáll (ez alatt az elektronsugár ki van oltva), és egy újabb fűrészjel felfutása csak a „trigger" jel beérkezésekor indul meg. A trigger jelet egy külön áramkör (legegyszerűbb esetben magából a vizsgált jelből) képzi, amikor a feszültség pillanatértéke egy, az előlapon beállítható küszöbértéket (trigger szint, „LEVEL") pozitív vagy negatív irányban („SLOPE +/–") átlép. Mivel a trigger jel a periodikus vizsgált jelnek mindig ugyanannál a pillanatértékénél (és ugyanolyan irányú változásánál) keletkezik, biztosítani lehet, hogy az

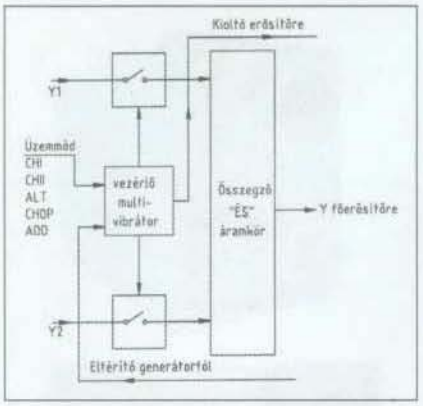
71. ábra

elektronsugár rajzolása a jelnek mindig ugyanabban a fázisában induljon. Ezt segíti a „HOLDOFF" funkció is. Segítségével, ha a jel ugyanazt a szintet egy periódusón belül többször is átlépi, a rossz időpontban történő indítást a triggerelés beállítható ideig történő letiltásával el lehet kerülni.

A trigger áramkör működése maga is időt vesz igénybe, és mire a vízszintes eltérítés megindul, a jelnek az a szakasza, amelyre triggereltünk, már lezajlott. A függőleges erősítőbe (a trigger jel képzése utáni szakaszon) beiktatott *késleltető művonal* a jelet olyan mértékben késlelteti, hogy ez a jelrészlet is megfigyelhető legyen az ernyőn.

A Tektronix (TEK) hamarosan az oszcilloszkópgyártás vezető cégévé vált. Az oszcilloszkópokat folyamatosan fejlesztették, és más neves cégek választékában is nagy számban készültek hasonló műszerek.

A Tektronix első ilyen műszeréhez képest közel 20 év késéssel, 1966-ban, egy újabb Tektronix szkóp „koppintásaként" jelent meg Magyarországon az első triggerelhető, kalibrált X és Y skálával rendelkező, DC mérésre is alkalmas, fényerős, elektroncsöves oszcilloszkóp, az EMG 1546 (**71. ábra**). Az akkori tendenciáknak megfelelően „plug in" rendszerű volt (ezt a technikát 545 típusú oszcilloszkópjával a TEK 1956-ban mutatta be.) A készülék váza, a „main frame" csak a tápegységet, a katódsugárcsövet, az X eltérítő generátort és a végerősítőket tartalmazta. A különböző szolgáltatásokat nyújtó Y bemeneti egységek bedugaszolható fiókok voltak. Ezt az indokolta, hogy még nem tudtak egyetlen egységben



72. ábra

nagy érzékenységű, nagy sávszélességű, és „DUAL TRACE" (elektronkapcsolós, két nyomvonalas) .rendszerű bemenőáramkört készíteni. Az elektronkapcsoló tette lehetővé ugyanazon az ernyőn, azonos időeltérítéssel egyidejűleg két jel megjelenítését, fázisviszonyaik egymáshoz képesti mérését.

Ez a „kétsugarasító" eljárás alapvetően különbözik a 64. ábrán bemutatott Cossor 3339-étől, amelyben az egy elektronágyúból származó sugarat a két Y eltérítő lemez közti harmadik beépítésével választották ketté. A korszerű oszcilloszkópokban egy normál, egysugaras katódsugárcső Y eltérítését egy elektronkapcsoló (**72. ábra**) váltogatja a két, eltérő magasságra pozícionált Y csatorna között.

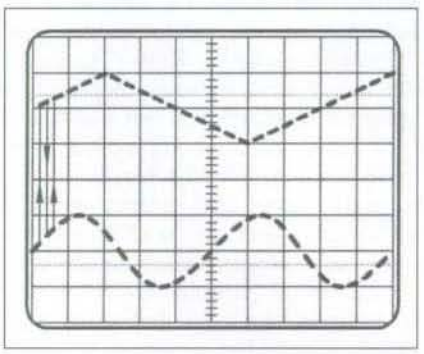
„ALT" (ALTERNATE) üzemmódban a váltás sorvisszafutáskor történik, tehát egy-egy teljes sor lefutása után vált csatornát. Nagy eltérítési sebességnél e váltások olyan kis időközönként történnek, hogy a szem tehetetlenségénél (és a fénypor utánvilágításánál) fogva úgy látjuk, mint ha a két csatorna jele egyidejűleg lenne jelen az ernyőn. Lassú jelek vizsgálatánál a „CHOP" (CHOPPED) üzemmód használatos (**73. ábra**), amikor az elektronkapcsoló az átkapcsolást a sugár ernyőn való helyzetétől függetlenül, 100 kHz... 1 MHz frekvenciával végzi. Mivel az átkapcsoló jel frekvenciája a legritkábban adódik a vizsgált jel frekvenciájának egész számú többszörösére, a sugár újabb és újabb lefutásakor mindkét csatorna jeléből más-más szakaszt rajzol le, így összességében ismét egyszerre látható a két csatorna jele az ernyőn.

Az EMG 1546 U1 Y bemeneti fiókja nagy érzékenységű, az U2 kétnyomvonalas (20 MHz sávszélességgel), az U3 pedig 30 MHz-es sávszélességű volt.

1976-ban EMG 1555 típusjellel már lényegesen több szolgáltatást nyújtó, 100 MHz-es oszcilloszkóp jelent meg (**74. ábra**). Az oszcilloszkóp a katódsugárcsövön kívül csak néhány nuvisztort (tranzisztor méretű, fémtokos miniatűr triódacsövet) tartalmazott, egyébként tranzisztoros áramkörökből állt. Mind az Y, mind az X csatorna plug-inként dugaszolható a mainframe-be. Az általánosan használt X fiók (U592) *két időalapos* volt, azaz az ernyőn megjelent jel bármely kis szakasza a második időalappal vízszintesen nyújtható, részletesen vizsgálható.

A magyar iparban hosszú ideig a fenti két oszcilloszkóptípus volt az általánosan használt műszer.

A világszerte készült nagyszámú gyártmány közül érdemes kiemelni az 1970-es, '80-as évek világszerte közkedvelt, USA ipari sztenderdnek tekinthető korszerű, hordozható oszcilloszkópját, a TEKTRONIX 465-öt (**75. ábra**). Az 1960-as évek végén fejlesztett, tranzisztorokkal és néhány integrált áramkörrel felépített, 100 MHz határfrekvenciájú, elektronkapcsolós, két nyomvonalas („dual trace"), két időala-

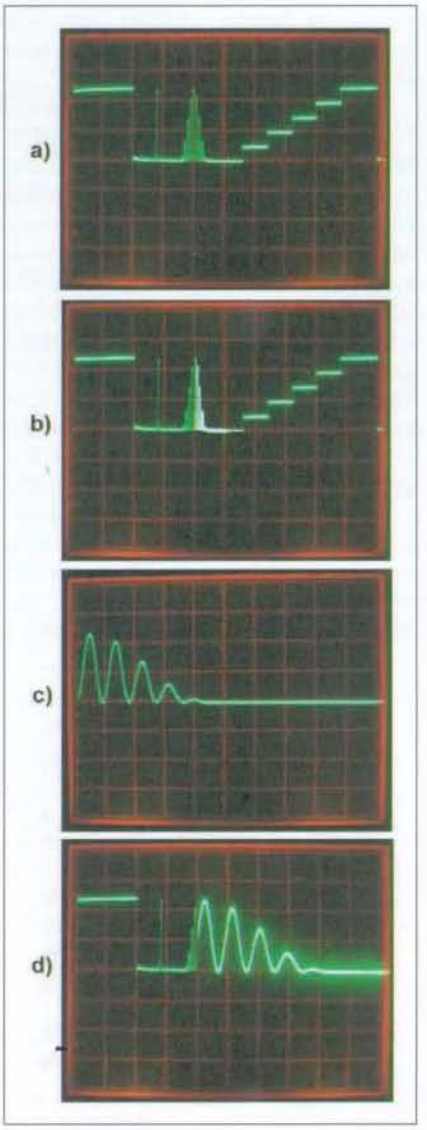


73. ábra

74. ábra

75. ábra

pos műszer szolgáltatásaival még túl is szárnyalja a mai (már csak kisebb cégek által gyártott) analóg oszcilloszkópokat. Ezek az ötven év körüli példányok (esetleg néhány alkatrész, pl. kiszáradt elkó) cseréje után ma is kifogástalanul működnek. Megjelenése óta az általános célú, digitális áramköröket nem

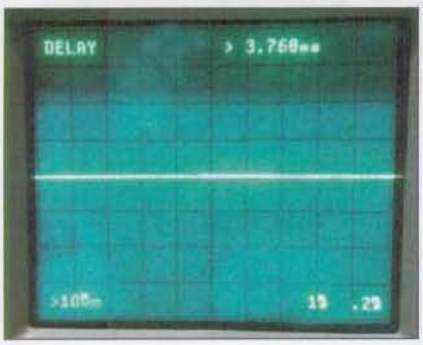


76. ábra

78. ábra

79. ábra

80. ábra



81. ábra

82. ábra

tartalmazó analóg oszcilloszkópok gyakorlatilag semmilyen szolgáltatásukban nem fejlődtek már tovább.

A **76. ábrán** részletesen látható a (szintén a TEK által, 1957-ben bemutatott) kettős időalap használata. „A" az első, „B" a második időalap:

a) A vizsgált jelet „A" időalappal megjelenítjük az ernyőn.

b) Kijelöljük, hogy a jel melyik szakaszát kívánjuk az ernyő egészére kinyújtani. A kijelölt szakasz világosabban látszik („A" intensified by „B").

c) Átkapcsolunk „B" időalapra („B" delayed by „A") – ekkor a kijelölt rész tölti ki vízszintesen az egész képernyőt.

d) Az újabb oszcilloszkópok még felkínálnak „MIX" vagy „ALT" lehetőséget is. „MIX" üzemmódban a kinagyítandó szakaszig az „A", utána a „B" időalap működik, ez látható az ábrán. „ALT" üzemben egymás után függőlegesen eltolva felváltva jelenik meg egy-egy sorban az „A" és „B" időalap szerint eltérített jel.

Szervizcélokra neves cégek is gyártottak kis, hordozható, (a hálózaton kívül) telepes vagy akkumulátoros tápellátással működő, katódsugárcsöves oszcilloszkópokat, pl. TEK 212, TEK 221, Philips 3010, NLS MS15, melyeket a **77. ábrán*** sorakoztattunk fel.

A katódsugárcsöves oszcilloszkópok további fejlődési irányai:

– magasabb határfrekvenciák elérése. Végül ez vezetett a mintavevő oszcilloszkópok elvéhez;

– a leolvasás pontosságának a növelése. Ezt először az oszcilloszkópra mintegy kívülről ráépített digitális feszültségmérő (ld. **78. ábra**) segítette, majd azt magába az oszcilloszkópba építették be (ld. a **79. ábra** LCD-panelját), végül a mért adatokat már a képernyőre kiírva jelenítették meg (**80. ábra**, a képernyő kinagyítva: **81. ábra**). Utóbbi megkönnyítette az eredményeknek az ernyő fényképezésével történő dokumentálását, és kizárta a beállító szervek állásával kapcsolatos tévedést. Amikor már minden adat a képernyőre íródott, feleslegessé vált a kapcsolók állásainak feltüntetése az előlapon. Így lehetővé vált, hogy ezek ne mechanikai kapcsolók és potenciométerek legyenek, hanem a beállításokat digitálisan vezérlő inkrementális szögadók. A digitális vezérlés pedig átkapcsolható volt az előlapi kezelőszervek helyett *külső számítógépre*. A feszültség- és időmérés automatizálásával a mérési eredményeket is külső számítógéphez lehetett továbbítani.

A digitális oszcilloszkóp 1971-es „feltalálója", *Hiro Moriyasu* szintén a TEK mérnöke volt. Ugyanebben az évben a *LeCroy Co.* (West Niack, NY, USA) bemutatta az első, WD2000 típusú valós idejű digitális oszcilloszkópot (**82. ábra**).

A mintavételezés 1 ns-onként történt, a memória 20 mintát tudott rögzíteni. (Akkor ez volt az egyetlen a műszer, amely alkalmas volt egyszeri lefutású nagyon rövid impulzusok vizsgálatára.) Az alaplapon minden memóriarekeszhez külön mintavevő áramkör tartozott, melyek körbevették a központi erősítőt, így azokba a jel azonos késleltetéssel érkezett (**83 ábra**).

A digitális oszcilloszkóp (DSO) rövid idő alatt hatalmas fejlődésen ment át. Megjelentek a mikroprocesszor vezérelt műszerek (1982: HP 1980A/B, két 100 MHz-es csatornával).

Ugyancsak 1982-ben a *Scopex* elkészítette az első hordozható, folyadékkristályos képernyőjű oszcilloszkópot, a Voyager-t (**84. ábra**). A digitalizált adatokat RAM-ban tárolta; a 15 V-os akkumulátorral bekapcsolt oszcilloszkóppal (mai reklám szóhasználattal „akár") 8 órán keresztül, kikapcsolt állapotban akár 100 napig.

1996-ban a HP elkészítette az első MSO-t (Mixed Signal Oscilloscope: az oszcilloszkóp csatornáin kívül logikai analizátor csatornákat is tartalmaz); a HP 54645 két 100 MHz-es analóg

83. ábra

84. ábra

csatornával, és 8 vagy 16 digitális logikai csatornával rendelkezett.

1997-ben a Tektronix elsőként alkalmazott asztali digitális oszcilloszkópnál katódsugárcső helyett LCD-t. A TDS210 (**85. ábra**) 60 MHz sávszélességű, monokróm kijelzője 320×240 pixeles volt. Mintavételi sebesség: 50 S/s...1 GS/s, rögzített minták száma: 2500. A mintavétel másodpercenként 180-szor történt. Az oszcilloszkóp egyes méréseket automatikusan is el tudott végezni, ekkor azonban másodpercenként kevesebb mintavétel történt. Gyors Fourier-transzformációval (FFT) a jel spektrumát is fel tudta rajzolni.

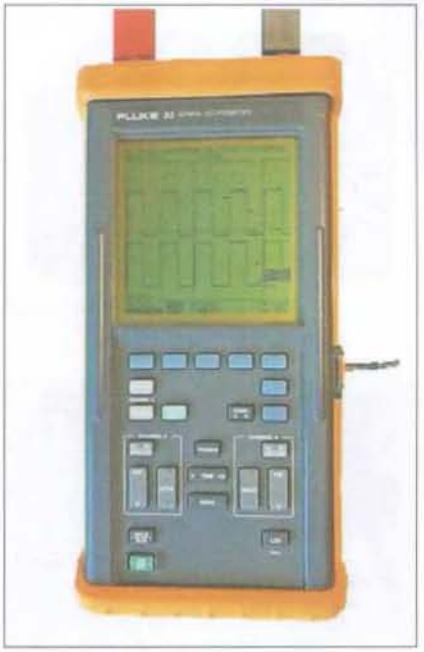
1998-ban a Tektronix kidolgozta a DPO-t (Digital · Phosphor Oscilloscope). A DSO-ban ugyanaz a processzor végzi a mintavételezést, mint a jel feldolgozását, így a mintavételezésre csak nagyobb időközönként kerül sor (ld. TDS210). Ezért előfordulhat, hogy egy periodikus jelben ritkán megjelenő tranziensek egyáltalán nem kerülnek bevételezésre, és nem jelennek meg az ernyőn. (Ha pedig igen, akkor azonos intenzitással, mint a periodikus jel többi része, tehát úgy tűnik, mint ha minden periodusban jelen lennének.) Az MSO-ban a feladatokat külön processzorok végzik, így nagyságrenddel gyakrabban vesz mintát. Az így kapott mintákat feldolgozva a ritkábban megjelenő minták (a gyorsabb felfutású jelrészletek is) az analóg oszcilloszkópokhoz hasonlóan az ernyőn kisebb fényerővel jelennek meg. A **86. ábra** a Tektronix 2008-ban megjelent, 200 MHz-es, 4 csatornás + 8/16 digitális logikai csatornával rendelkező, DPO szolgáltatást is nyújtó MSO2024 modelljét mutatja. Mintavételi sebesség: 1 GS/s, a memória 1 000 000 minta adatát tárolja. (A műszert 100 MHz-es, ill. 2 csatornás változatban is gyártották.)

A digitális oszcilloszkópok működési elve, kezelési módja, mérési képességeik lényegesen eltérnek a hagyományos analóg oszcilloszkópétól (ld. a *Rádiótechnika 2011/5-6-7-8-9-10-11. számaiban* megjelent cikksorozatot, ill. a *Rádiótechnika 2018-as évkönyvében* közzé tett összefoglaló írást.)

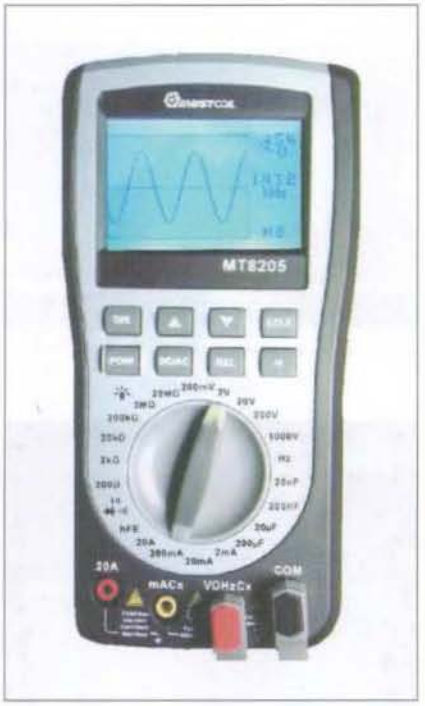
A pontmátrixos LCD-kkel lehetővé vált, hogy az univerzális digitális kéziműszerbe is „beépítsenek" egy egyszerűbb digitális oszcilloszkópot. A FLUKE cég már 1991-ben bemutatta Scopemeter 93 típusszámú, 50 MHz-es, professzionális műszerét (**87. ábra**).

Az eltelt időben a nagyszámú, növekvő teljesítményű és értékű ipari műszer mellett szerényebb képességű és olcsóbb készülékek is megjelentek. Például e cikk írásakor a MUSTOOL 8205 scopemeter (**88.** és **89. ábra**) már 17 000 Ft alatti áron hozzáférhető. A multiméter szokásos funkcióin túl mér (négyszögjel felfutási idejéből kiszámított) kapacitást, 200 kHz-ig frekvenciát, tranzisztor áramerősítését, ellenőrizni tudja a szokásos, 38 kHz-es infra távvezérlők működésképességét és képes 100 mérési eredmény memorizálására is. Multiméterből oszcilloszkóp üzemre kapcsolva feszültség és áram jelalakokat tud mérni (és 3 eredményt memorizálni). Kijelzi a mért jel effektív értékét és frekvenciáját (méréshatár: 20 kHz). A kijelzőn még értékelhetően megjelenő szinuszjelalak frekvenciája 3...5 kHz.

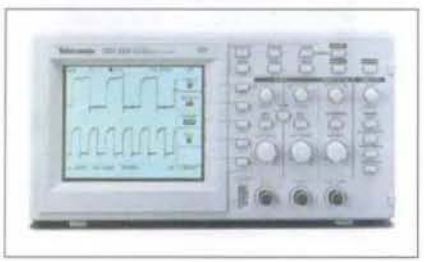
Érdemes megemlíteni, hogy a hajdani Szovjetunióban készültek oszcilloszkópok kifejezetten amatőrcélra. Mivel egyébként amatőreszközökkel nehéz oszcilloszkópot készíteni (és hazánkban nem is lehetett ilyen műszert kapni), e kis műszerek triggerelhető, feszültség- és időmérésre alkalmas darabjai – ha magánimportból sikerült hozzájutni – az otthoni műszerpark nagyon hasznos részei voltak. Ilyen szovjet amatőrszkópok láthatók a **90.a-e ábrákon**. Sorrendben: LO70 (100 kHz-es elektroncsöves, szinkronizált; feszültség-, időmérésre nem alkalmas, inkább játéknak minősíthető),



87. ábra

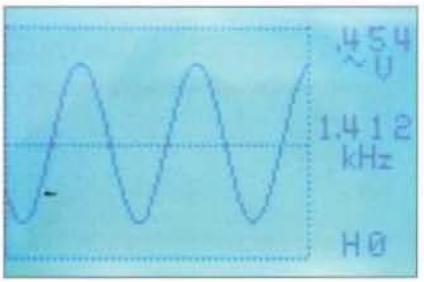


88. ábra



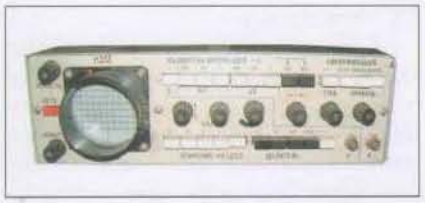
85. ábra

86. ábra



89. ábra

90.a ábra



90.b ábra

90.c ábra

90.d ábra

90.e ábra

N313 (1 MHz-es félvezetős, kalibrált feszültség- és időmérésre alkalmas, jól használható), N3013 (100 kHz-es, tranzisztoros, szinkronizált, feszültség- és időmérésre alkalmatlan „iskolai szkóp"), N3015 (10 MHz-es, félvezetős, feszültség- és időmérésre alkalmas), OML-2 (5 MHz-es, tranzisztos, feszültség- és időmérésre alkalmas, kis átmérőjű katódsugárcsővel és előtte felszerelhető nagyítóval).

A keleti tömb többi országában is gyártottak szkópokat ipari és szerviz célokra is. Nálunk főleg néhány lengyel és NDK termék volt az utóbbiak közül elterjedt, de ezekre terjedelmi korlátok miatt ezen a helyen nem térünk ki.

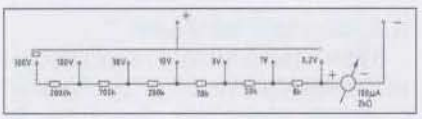
2. Árammérés

A feszültségmérőknél bemutatott valamennyi „hideg műszer" az áram mágneses hatására épülő alapműszerrel működik. Ténylegesen ezek alapműszerei árammérők, amelyekkel – a végkitéréshez tartozó áramtól és a kívánt feszültség méréshatártól függő – előtétellenállás van sorba kapcsolva. Például a **91. ábra** 100 uA végkitérésű, 2 kohm belsőellenállású alapműszerrel működő több méréshatáros feszültségmérő kapcsolását mutatja.

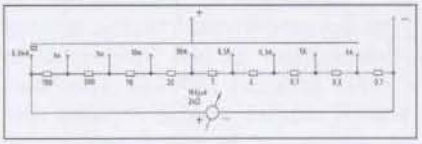
A feszültségmérő annál jobb (annál nagyobb voltonkénti belsőellenállású), minél kisebb az alapműszer végkitéréséhez tartozó áram. Az alapműszeren ekkor eső feszültség csak az elérhető legkisebb feszültség-méréshatárt határozza meg (ez az ábra szerinti alapműszerrel 0,2 V).

Árammméréshez azonban a minél kisebb belsőellenállású alapműszer a jobb, mert a mérendő áramkörrel sorosan kapcsolva így befolyásolja legkevésbé a mért eredményt. Az alapműszer érzékenysége ebből a szempontból közömbös, csak a legkisebb elérhető áramméréshatárt szabja meg.

Az alapműszerek áramméréshatára párhuzamosan kapcsolt söntellenállásokkal terjeszthető ki. Több méréshatárú műszer esetén a söntellenállást egy fokozatkapcsolóval váltják. A műszer kapcsolását úgy alakítják ki, hogy a sönt átkapcsolása közben sem folyhasson át az alapműszeren a megengedettnél nagyobb áram, hiszen az az alapműszert tönkretenné. Ilyen, az univerzális műszereknél általánosan alkalmazott kapcsolást (Ayrton-sönt) mutat a **92. ábra**.



91. ábra



92. ábra

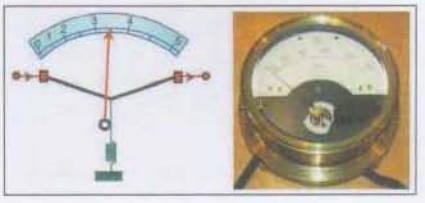
A csővoltmérő, tranzisztoros voltmérő, oszcilloszkóp (melyeknek erősítői nagy bemeneti ellenállásúak) az árammérőskor ténylegesen ismert ellenálláson eső feszültséget mérnek. Rádiótechnikai alkalmazásra – pl. adó antennaáramának a mérésére – közvetlenül használható a hődrótos műszer (**93. ábra**).

A hődróton átfolyó áram hatására azon feszültség esik. A disszipálódó teljesítmény a hődrótot felmelegíti, az a hőmérsékletével arányosan megnyúlik. A hődrótot közepén feszítő, a mutató tengelye körül hurkolt fonal elmozdul, ezért a mutató kitér. *A műszer a váltakozó áram effektív értékét méri.* A nagyfrekvenciás alkalmazást a hődrót kis induktivitása teszi lehetővé.

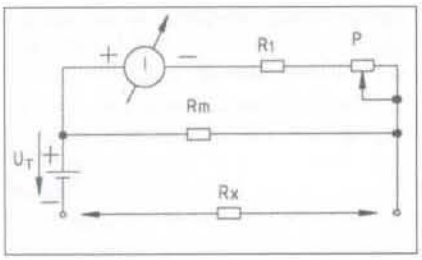
3. Ellenállásmérés

Az ellenállás (méröhíd nélküli) műszeres mérését (mint a 10. ábra is mutatja) eleinte egy feszültségosztón eső feszültség mérésével végezték, melynek egyik tagja maga a méröműszer volt. A tápfeszültség és a műszer belsőellenállásának ismeretében a vizsgált ellenállás értéke a feszültségosztó képletével kiszámítható volt.

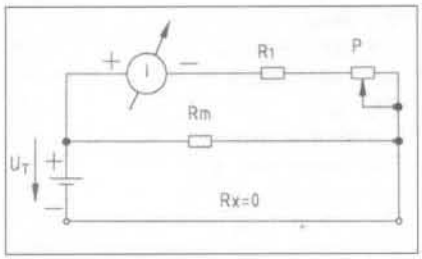
Magyarországon a *Rádió Technika 1943 márciusi számában* jelent meg először közvetlenül mutató ellenállásmérő kapcsolása a következő ajánlással: *„A rádiójavitással foglalkozó amerikai műhelyek egyik legfontosabb és leggyakrabban használt műszere az ohmmérő. A magyar műhelyekből ez a műszer jóformán hiányzik még, holott nincs kétség az iránt, hogy ha annak használatát az amerikaiak oly álta-*



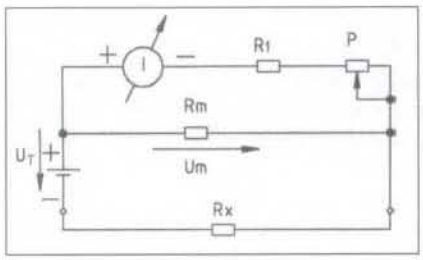
93. ábra



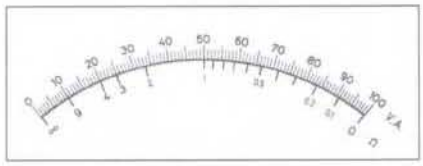
94. ábra



95. ábra



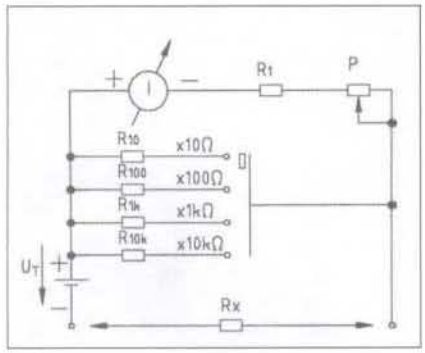
96. ábra



97. ábra

lánosan bevezették, úgy akkor annak feltétlenül gyakorlatilag bevált eszköznek kell lennie." A közölt ohmmérő kapcsolása gyakorlatilag azonos volt a későbbi analóg multiméterek ohmmérőjével.

A „hideg műszerek" ellenállásmérőjének (ohmmérő) leggyakoribb



98. ábra

alapkapcsolását a **94. ábra** mutatja. A „hideg" feszültség- és árammérő műszerektől eltérően (melyek a méréshez szükséges energiát a mérendő áramkörből vonják el) az ellenállásméréshez a műszerbe épített feszültségforrás (jelen esetben U_T feszültségű telep) szolgáltatja az energiát. Készenléti állapotban, amikor R_X mérendő ellenállás nincs a műszerhez csatlakoztatva (vagyis ekkor $R_X = \infty$), a telep negatív pólusánál az áramkör megszakad, ezért a műszer ilyenkor nem fogyaszt Az ellenállásmérő csak a mérés rövid idejére vesz fel áramot. Amikor nem folyik áram, az árammérő műszer sem tér ki, a mutató a skála alaphelyzetére mutat, ezért itt van a skálán a „∞" jelölés.

A mérés első lépése a feszültségmérő végkitérésbe állítása P potenciométerrel rövidre zárt bemenetnél (**95. ábra**). Ennek megfelelően a skála végpontja felel meg 0 mért ellenállásnak. Ha R_X mérendő ellenállást a műszer kapcsaihoz csatlakoztatjuk (**96. ábra**), az áramkör záródik, és U_T feszültség megoszlik az R_X-ből és R_m-ből álló feszültségosztón.

Ténylegesen az R_m-mel párhuzamosan kapcsolódik a mérőmű R_D ellenállásának, az R_1-nek és a P pillanatnyi értékének soros eredője. Jelöljük ezt R_p-vel:

$$R_p = (R_D+R_1+P)\times R_m.$$

A feszültségosztó képletet alkalmazva az áramkörre, az R_p-n eső feszültség:

$$U_m = U_T R_p/(R_p+R_X).$$

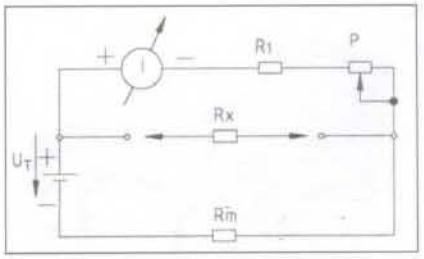
Ha az R_X mérendő ellenállás éppen megegyezik R_p-vel, akkor:

$$U_m = U_T 1/2 = 0{,}5U_T,$$

azaz a mutató éppen a skála közepéig (50%-áig) lendül ki.

A feszültségosztó képlet segítségével kiszámíthatjuk más R_X/R_p arányokra is a mutató kilendülésének mértékét, ld. a jobb oldali **táblázatot**.

Több méréshatáros ohmmérőnél méréshatárváltáskor R_m, és ez által R_p értékét változtatják úgy, hogy R_p az egyes méréshatároknál 10 ohm, 100 ohm, 1 kohm, 10 kohm stb. legyen. Így az ohmmérő skálája minden méréshatárban azonos lesz, azonban a skála középső (50%-os kitéréshez tartozó) osztása mindig az adott méréshatárban bekapcsolt R_p-vel megegyező mérendő ellenállásnak felel meg.



99. ábra

A méréshatárváltó fokozatkapcsoló egyes állásaihoz azt az ellenállásértéket írják, amellyel az adott méréshatárban a skálán kijelzett értéket szorozni kell. A műszerskálát a **97. ábra**, a több méréshatárú ohmmérő kapcsolását a **98. ábra** mutatja.

Amikor – jellemzően hálózati táplálású műszernél, ahol U_T-t nem telep biztosítja, tehát nincs jelentősége annak, hogy a műszer ne fogyasszon, amikor éppen nem mér – szokás a műszer kapcsolását a **99. ábra** szerint kialakítani. Ebben a kapcsolásban a mutató akkor lendül végkitérésbe, amikor $R_X = \infty$, és akkor mutat a skála alaphelyzetébe, amikor $R_X = 0$. Azaz, az ohmmérő skála „megfordul", az 50%-os kitérésre vonatkoztatva a tükörképe lesz a 97. ábrán bemutatottnak. Ekkor az ohmmérő skálán is 0 felel meg 0 ellenállásnak, a végkitérés pedig a végtelennek.

Érdekes kivétel pl. a már említett

R_X/R_P	$R_X/(R_P+R_X)$, %
0,1	90,9
0,2	83,3
0,3	76,9
0,4	71,4
0,5	66,7
0,6	62,5
0,7	58,8
0,8	55,6
0,9	52,6
1,0	50
2,0	33,3
3,0	25
4,0	20
9,0	10
∞	0

GANZUNIV 3 kéziműszer, amelyben – noha telepes táplálású – az utóbbi ohmmérő-megoldást használják. *Ezzel a műszerrel figyelni kell arra, hogy a fokozatkapcsoló csak a mérés idejére legyen ellenállásmérésre kapcsolva!*

Felhasznált irodalom:

Wikipedia

Molnár–Jovitza: Rádiósok könyve; Győző Andor kiadása, 1933

Kis-Halas–Mészáros–Dr.Szentiday: Optoelektronikai kijelzők és megjelenítők; Műszaki Könyvkiadó, 1984

http://www.supremeinstruments.org/catalog1946page18.htm

http://www.richardsradios.co.uk/moullinA.html

https://www.pa3esy.nl/meetinstrumenten mavometer/pdf/gossen-mavometer-g-1930-handbuch.pdf

http://www.edisontc.org/ui/home/course/unit-i/vacuum-tube-meters/

https://ethw.org/w/images/c/c8/Matsumoto1.pdf

http://williamhaywoodjones.blogspot.com/2014/08/the-rca-battery-voltohmyst-wv-65a-rca.html

http://www.hp9825.com/html/dvms.html

https://www.recycledgoods.com/triplett-630-ns-type-3-multimeter-w-125v-fuse-as-is-defective/

https://web.pa.msu.edu/people/edmunds/DVM_HP_3440a/digital_volt_meter_history.txt

http://www.industrial-electronics.com/ew_1963-07_test.html

https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:1920s_multimeter_3738-4.JPG

https://www.worthpoint.com/worthopedia/eico-242-tvom-1-59286597

http://www.kjit.bme.hu/images/stories/targyak/irtech1/bsc_lab_adda.pdf

http://www.hpl.hp.com/hpjournal/pdfs/IssuePDFs/1963-11.pdf

http://www.hpl.hp.com/hpjournal/pdfs/IssuePDFs/1959-01.pdf

https://stevenjohnson.com/pics/fluke-8020a.jpg

http://hhuc.us/2016/files/Speakers/Richard_Nelson/Reference/DMM%20history.pdf

http://www.steampunkalchemy.com/hu/nixie-csovek/numerikus-nixie-csovek

https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/i650619a751?journalCode=ancham

https://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode

http://www.historyoflighting.net/light-bulb-history/history-of-led/

https://hackaday.com/2017/01/31/get-to-know-3%C2%BD-digit-adcs-with-the-icl71xx/

https://www.vintagetek.org/wp-content/uploads/2012/07/General-Radio-Scope-History.pdf

http://www.thevalvepage.com/testeq/cossor/339a/339a.htm

(és további lapjai)

https://toolboom.com/en/articles-and-video/oscilloscopes-history-and-classification/

https://wikivisually.com/wiki/Oscilloscope_history

https://www.edn.com/electronics-blogs/scope-insights/4413952/Oscilloscopes-101-Triggering

https://hackaday.com/2018/09/11/the-pre-crt-oscilloscope/

https://vintagetek.org/wp-content/uploads/2018/02/A-History-of-the-Analog-Oscilloscope-by-Kreps-and-Dalton.pdf

https://www.radiomuseum.org/

https://www.radiomuseum.org/r/philips_dual_time_base_oscilloscope_100_mhz_pm_3065.html

http://oscopes.info/market/basics/2265-oscilloscope-milestones

https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ac60308a725?journalCode=ancham

https://www.elektro-net.hu/cikkarchivum/2618-dpo2000-mso2000-digitalis-foszforoszcilloszkopok-tektronixtol-16-logikai-csatornaval

https://www.eevblog.com/forum/testgear/which-was-the-first-oscilloscope-with-lcd-display/

https://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0571.jpg

https://www.youtube.com/watch?v=hANE4fNWJEQ

Szubjektív szakmai életrajztöredékek

dr. Tolnai János
okl. híradástechnikai szakmérnök,

HA5LQ@freemail.hu

Szakmai pályafutásom tulajdonképpen az általános iskola második osztályában kezdődött, amikor kaptam egy játék szerszámkészlet vésőjére készült tekercsből álló elektromágnest. Működése úgy megragadott, hogy már akkor elhatároztam, villamosmérnök leszek. A továbbiakban ha tehettem, játékként egyszerű elektromos kapcsolásokat építettem.

Az általános iskola felső tagozatára kerülve kezdtem meg a rádióamatőrködést, Boriszov: Rádióamatőrök iskolája c. könyve alapján. A könyv alapszinten mutatta be különféle detektoros és elektroncsöves rádiók működését, építését. Akkoriban már a Rádiótechnikában sorra jelentek meg a detektoros rádiókon kívül különböző bonyolultságú tranzisztoros kapcsolások és építési leírások. „Az Ezermester kiskönyvtára" sorozatában is kiadtak néhány, tranzisztoros készülékek építésével foglalkozó könyvet. Így az elektroncsöves rádiók építése kimaradt az életemből; a detektoros rádiók után már tranzisztoros készülékek következtek. Amikor első hangszórós, saját építésű, négy tranzisztoros reflex rádióm megszólalt, a hangszóróból először a „My Fair Lady" egy dalát hallottam.

Szüleim humán értelmiségiek voltak, tudomásul vették rádiós hobbimat, de nem lelkesedtek érte. Sikertelenül próbáltak rábeszélni, hogy gimnáziumban tanuljak tovább. Két napos felvételi vizsga után (ez volt az utolsó technikumi évfolyam, és háromszoros túljelentkezés volt) az újpesti Landler Jenő Híradásipari Technikum (ma UMSZKI) tanulója lettem. Az iskolába utazás villamoson közel fél óráig tartott, elsős koromban ez alatt általában egy régi „Távjelző és távbeszélő technika" technikumi tankönyvet olvastam nagy érdeklődéssel. (Harmadéves korunkban ugyanez lett a hivatalos tankönyvünk.)

Az iskola MHSZ rádióklubja már szeptemberben operátor tanfolyamot indított, melyre természetesen jelentkeztem. A résztvevők kétharmada lemorzsolódott, a többiek azonban sikeres „RH A" amatőrvizsgát tettek. Az iskolai rádióklubban a vizsgát tett új tagok közül egyedül én döntöttem a rövidhullám mellett. A klub HA5YAJ hívójelű ifjúsági állomásán forgalmaztam. Az udvar fölött kifeszített huzalantenna egy porcelán átvezetőn keresztül az adószobában ért véget. Ehhez krokodilcsipesszel csatlakozott egy mérőzsinór, melynek másik végét forgalmazás közben felváltva kellett az adó vagy a BC–348 vevő antennacsatlakozójába dugni. Minden reggel egy órával korábban mentem be az iskolába, és az első óra kezdetéig – majd pedig a tanórák után 1-2 órát – rádióztam, az ifi állomások számára engedélyezett 80 méteres sávon, 10 W teljesítménnyel. Ezekben a napszakokban magyar és a szomszédos országok rádióállomásaival lehetett összeköttetést létesíteni. Lengyelország vagy az NDK már ritka DX-nek számított.

Másodéves középiskolásként tettem le az „RH B", majd harmadéves koromban az „RH C" vizsgát. Ekkor már a klub HA5KFB hívójelű, C-fokozatú állomásának operátora, jóval később, egyetemista koromban adófelelőse voltam. Már én tartottam az induló operátori tanfolyamokat.

A három 807-es végcsővel működő, amatőrfrekvenciákra hangolt „Óceán" hajórádiót csak CW, illetve kis átalakítás után RTTY üzemmódban használtuk. Az állomás ML–400-as vevője a távgépírózáshoz FS–3 FM demodulátorral volt kiegészítve. A klubtitkár, Vajda György tanár úr (HA5JH) minden délután leült a távgépíró mellé, én pedig érdeklődéssel figyeltem ténykedését. Az RTTY üzemhez – más nem is létezvén – valódi, mechanikus készüléket használtunk. Az ezzel való forgalmazás hozzáértő operátort igényelt. A gyengébb állomások vételénél jelentkező zavarok jeltévesztést okoztak, ami miatt a lapíró gép sokszor nem vette a kocsiváltó vagy soremelő parancsot, és az operátor közbeavatkozása volt szükséges, hogy a betűket ne gépelje egymásra. A betű- és számváltó parancsok tévesztése miatt pedig sokszor kódtábla segítségével kellett visszafejteni a megfelelő karaktert.

1970-ben a rádióklub kapott az MHSZ által beszerzett FT–250 rádiókból. Ez a kisméretű készülék minden amatőrsávon 100 W RF kimenőteljesítménnyel) dolgozott CW, AM és az akkor népszerűvé váló SSB üzemmódban is.

A klub öreg, eredetileg lokátoros katonai teherkocsiját URH kitelepülésre alkalmas rádiós kocsivá alakítottuk. Nyaranta ezzel vettünk részt Dobogókőről a „Polni Den" URH versenyen. Akkoriban az URH adók frekvenciastabilitási okból még kristályvezérlésűek voltak. Az állomások egy, legfeljebb néhány megfelelő kristállyal rendelkeztek, ezek cseréjével lehetett frekvenciát váltani. Az összeköttetés úgy épült fel, hogy egy állomás általános hívást adott, majd vételre kapcsolt, ekkor a teljes sávot át kellett pásztáznia, hogy az esetleges, szintén a saját adási frekvenciáján visszahívó állomást megtalálja. A vevővel való állandó pásztázás verseny alatt feleslegesen rabolta az időt. Ezért a „lokátorkocsiban" a klub 3 operátoros, 3 vevőkészülékes munkahelyet alakított ki. Középen ült a főoperátor, aki az adót működtette, és hívás után a sáv közepét pásztázta. A bal oldali operátor a sáv alsó, a jobb oldali a fölső részén kereste a hívóállomást. A főoperátorral mikrofonos fejhallgatóval tartották a kapcsolatot. Aki hívót talált, egy telefonkulccsal le tudta választani a főoperátor adott oldali fejhallgatóját, és közölni tudta, mit hallott. Ekkor a főoperátor a saját telefonkulcsával mindkét oldali fejhallgatóját ennek az oldalnak a vevőjére kapcsolva le tudta bonyolítani az összeköttetést. Többször előfordult, hogy mindkét oldalon (sőt, akár középen is) egyszerre találtak egy-egy visszahívó állomást, ilyenkor a főoperátor egyszerre adott mindkét vagy mindhárom hívónak riportot.

Ezeknek a kitelepüléseknek a fő szervezői HA5JH, HG5EU (Urbán Kornél), HA5FB (Kékes László) voltak, az erősáramú bekötést (a helyi turistaház hálózatába) az iskola erősáramú műhelyének vezetője, Náther László végezte.

A rádióklubban végzett tevékenység és az ennek kapcsán megtanultak nagyon megkönnyítették azoknak a szaktárgyaknak a tanulását, melyeknél a rádiózáshoz használt eszközök, áramkörök működésére vonatkozó elméleti anyagot tanították.

Negyedéves koromban a KGM technikumok országos tanulmányi versenyén elért helyezésemre tekintettel könnyített (csak matematika) felvételi vizsgával vettek fel a megpályázott BME Villamosmérnöki Kar híradástechnika szakára.

Az egyetemet az előfelvételiseknek kötelező 11 hónapos sorkatonai szolgálat után kezdtem meg. „RH C" fokozatú amatőr adóengedélyemet HA5LQ hívójellel katona koromban kaptam meg. Ezzel a hívójellel leszerelés után létesítettem néhány összeköttetést a rádióklubtól kölcsönzött készülékekkel, de figyelmemet az egyetemi tanulmányokra kellett fordítanom. Az első néhány félévben a technikusi végzettség hátrányt jelentett, mert a technikumi matematika tananyag – a gimnáziumival ellentétben – nem tartalmazta a differenciál- és integrálszámítást, az egyetemen pedig ezeket ismertnek tételezték fel. A felsőbb évfolyamokon azonban, ahol a szaktárgyak sokasodtak meg, a technikusok kerültek előnybe. A negyedik és ötödik évfolyamon (műsorközlő ágazat) már kiemelt, „népköztársasági" ösztöndíjas voltam. Az egyetem elvégzése után a Híradástechnika Szövetkezet (HT) leendő fejlesztőmérnökeként, a BME Híradástechnikai Elektronika Intézet Rádió, Televízió és Hírközlés Osztályára kihelyezve nappali szakmérnöki tanfolyamra kerültem. Az osztályvezető dr. Ferenczy Pál, témavezetőm dr. Nagy Péter volt. A tanulmányok mellett szakmérnöki évfolyamtársammal hallgatói méréseket vezettünk.

A végül doktori értekezésként is elfogadott diplomatervem tárgya a televíziós vizsgálósoros mérőjeleket (VITS) digitálisan előállító generátor volt. A HT fejlesztésének analóg áramkörökkel foglalkozó, Adamis Gusztáv vezette főosztályára kerültem. Az általam fejlesztett PAL vektorszkóp rekk végül kísérleti példány maradt. Munka után keresetkiegészítésként nyugatról behozott és szovjet színestévé-vevőket javítottam. Külföldi gyártmányként ezeket állami cégek nem javították. A javítással foglalkozó szakembereket a tulajdonosok egymásnak ajánlották, így rendszeresen volt megrendelésem. A hibakeresést saját gyártmányú tévé-jelgenerátorom és egy N–313 kis szovjet oszcilloszkóp segítette.

A Landler rádióklubnak továbbra is a tagja voltam, és az iskolában esti tagozaton szaktárgyakat tanítottam.

1981-ben a rendszer már mély gazdasági válságban volt, rendszeres volt a korábban évtizedekig stabil árak emelkedése, a dolgozóknak többletjövedelemre volt szükségük. Az év végén jelent meg egy jogszabály, amely lehetővé tette új formájú vállalkozások (egyéni vállalkozó, kisszövetkezet, gazdasági munkaközösség) létesítését. Az előírásoknak megfelelő vállalkozásokat az akkor létrehozott cégbíróság köteles volt bejegyezni. Manapság ez természetes, de korábban a magánvállalkozó iparengedélyének a megadása a helyi tanács mérlegelésére volt bízva. Új kisiparra gyakorlatilag nem adtak ki engedélyt. Ezért az új jogszabály jelentős változást hozott, megjelenése után sorra alakultak meg a vállalkozások. Akkoriban a „szocialista szektorba" tartozó vállalatok csak nagy sorozatban gyártható termékkel foglalkoztak, ezért nagy igény volt egyedi megrendeléseket teljesítő mérnöki vállalkozásokra is.

Magam is szerveztem egy gmk-t, melynek „közös képviselője" lettem. Eleinte főfoglalkozásom mellett, de rövid idő alatt kiderült, hogy ez így nem folytatható, mert a hivatali, banki ügyeket, ügyfelekkel való tárgyalásokat csak munkaidő alatt lehetett lebonyolítani. Így, amikor a HT-vel a nappali szakmérnöki képzésre kötött tanulmányi szerződésem már lehetővé tette, kiléptem, és a gmk-s tevékenységet főfoglalkozásban folytattam. A HT-vel jó viszonyban maradtunk; az új cég egyik profilja a HT által gyártott berendezések szervizelése volt. Többek között a széchenyi-hegyi tévé adóépületben székelő Országos Mikrohullámú Központ műszereit javítottuk. A gmk a későbbiekben a PRTMIG-től több fejlesztési megrendelést kapott. Így pl. készítettünk a székesfehérvári rövidhullámú adóállomásra RTTY mechanikus gép kiváltására átalakított számítógépet, a tárnoki vevőállomásra mikroprocesszor vezérelt antennakapcsoló mátrixot, mellyel az ott telepített nagyszámú antennát és vevőkészüléket tetszőleges kombinációban lehetett összekapcsolni. A PRTMIG középhullámú adatátviteli rendszert is kipróbált a Kossuth-adó vivőfrekvenciájának modulálásával, ehhez a rendszerhez a vevőkészüléket, az időkijelző és az RTTY meghajtó egységet fejlesztettük. Az adatátviteli formát végül nem vezették be. (A BM rádiómegfigyelői viszont, mint kiderült, a kísérleti adás alatt észlelték a vivő jelentéktelen

mértékű frekvenciamodulációját, vették az adó nevét tartalmazó RTTY szöveget is.)

Az Autóvillamossági Kutatóintézet megrendelésére autóbuszok különböző elektromos folyamatait mérő, magnetofonszalagra rögzítő, és a felvételt kiértékelő processzoros műszert készítettünk.

Cégünk egy másik fejlesztése vezetéknélküli, üzemi személyhívó rendszer volt. Akkor ilyen célra rádiófrekvenciás berendezést nem engedélyeztek, így az átvitel hangfrekvenciás sávban (9...11 kHz, hívás: FM, beszéd: AM), az ellátandó területet körölvevő hurokantennával történt. A központi egység a cég telefonközpontjában volt felállítva, a beérkező telefonhívás alapján lehetett hívni, és üzenetet beolvasni a kiválasztott vevőkészüléknek vagy vevőkészülék csoportnak. Az ingzsebbe helyezhető vevőkészülék nyugalmi fogyasztása olyan kicsi volt, hogy – átlagos használat mellett – a 9 V-os zsebrádió akkumulátor egy feltöltése egy hónapos üzemidőt biztosított. A fejlesztést nagyobb részben dr. Nagy Péter (korábbi „C"-s egyetemi témavezetőm, aki már a műszaki tudományok kandidátusaként az egyetemet elhagyva szintén cégünk tagja lett), kisebb részben jómagam végeztem. A berendezést szabadalmaztattuk.

Az első ilyen rendszert az Országos Onkológiai Intézet rendelte meg, később ilyen került a Gellért Szállóba, a nagykanizsai Dunántúli Kőolajipari Gépgyárba, Szegedre a PRTMIG egy épületébe, sőt – a Genesis együttes ott tartott koncertje alkalmából és annak költségvetéséből – a Népstadionba is.

Termékünk volt a MÁV számára URH FM adó-vevő vezérléséhez egy diszpécser egység, és különféle, eredetileg szovjet gyártmányú biztosítóberendezésekhez a gyártótól már be nem szerezhető egységek. Szállítottunk néhány tételt a svájci gyártmányú QDA „sínérintő" devizát nem igénylő pótlására is.

A nyolcvanas évek végén az állami cégeknek gmk-tól rendelt munkák után különadó fizetését írták elő, melyet rövidesen kétszeresére emeltek. Ennek elrettentő hatása miatt a cég megrendelései egyre fogytak. Végül az a néhány tag maradt a gmk-ban, és vette át a vezetését is, akinek még volt munkája. Ekkor már megjelent az új társasági törvény, lehetővé vált kft-k alakítása is. Először a volt gmk-tagokból létrejött kft. tagja lettem, majd létrehoztam a saját többségi tulajdonú ELEKTROVID Kft.-t.

Ez a cég kezdetben riasztóberendezésekkel foglalkozott. Elektronikai fejlesztésre és gyártásra először ingatlankezelő cégektől kaptunk megrendelést, egy lakótelep felvonóit kiszolgáló vészjelző rendszerre. Az egyik megrendelő a helyi ingatlankezelő vállalat volt, amely rádiós átvitelű berendezést igényelt, a másik az ott működő lakásszövetkezet, amely viszont a tulajdonában levő kábeltévé rendszeren keresztül kívánta a jelzésátvitelt biztosítani. Így egyszerre két változatban készült el a rendszer, amelyet a későbbiekben többször újabb csatlakozó felvonókkal kellett bővíteni. Később ugyanezt a vészjelző rendszert egy másik ingatlankezelő vállalat is megrendelte.

Folytatódott a (korábban a gmk által végzett) munka a MÁV számára is. A már említett szovjet biztosítóberendezés egységeinek megújításán, karbantartásán kívül fejlesztettünk és készítettünk többek között biztosítóberendezés hibás jelfogóinak felderítésére szolgáló processzoros eseményanalizátort, a következő fényjelző jelzését a mozdonynak továbbító rendszer ellenőrzésére szolgáló műszert. Idővel a szovjet biztosítóberendezést lecserélték, a megrendelések folyamatosan csökkentek.

Megnövekedett szabadidőmben hajdani középiskolámban vállaltam óraadást, majd éveken keresztül – a kft működtetése mellett – a tanítást főállásban folytattam. A tanulói mérésekhez akkor cégem által készített tápegységek és függvénygenerátorok/frekvenciamérők jelenleg is üzemelnek, ami nem kis teljesítmény ahhoz képest, hogy 20 éve diákok kezelik azokat. Részt vettem az iskola által pályázati pénzből összeállított technikusképző távoktatási tananyag megírásában is, én írtam az anyag méréstechnikai, analóg elektronikai és ahhoz tartozó gyakorlati részét.

Ezzel egyidejűleg kezdtem ismét intenzívebben rádióamatőrködni, először az akkor újdonság URH packetrádióval, majd rövidhullámon KENWOOD TS–180, TS–940S, jelenleg pedig YAESU FT–1000 Mk.V. Field és VL–1000 használatával.

A packetrádiózáshoz HA5MA (Viczián László) HG5CES (Juhász Imre) szoftverével a 2 m-es sávra szintézert és ahhoz kezelőegységeket készített. Más elfoglaltságuk miatt nem tudtak további példányokat előállítani és a 70 cm-es fejlesztést befejezni. E célból megkaptam a dokumentációt és mintadarabokat. A végül elkészült 70 cm-es szintézer szoftver változatait szintén HG5CES készítette. Ezeknek a szintézereknek és kezelőegységeiknek az ismertetése volt 2002-ben az első Rádiótechnikában megjelent cikkem (ill. cikksorozatom) témája.

Amikor budapesti kötődésem megszűnt, vidéken vettem egy rádiós szempontból optimális helyen levő tanyát. Már itt, 2006-ban írtam a fővárosi Puskás Technikum – a Gyáli úti szakképzés 100. éves évfordulója alkalmából adott – megbízásából HAREC fokozatú vizsgára előkésztő rádióamatőr tananyagot, melynek lektora dr. Gschwindt András (HA5WH) volt. Az anyag a http://www.puskas.hu/r_tanfolyam/r_tananyag.html és több más helyen található meg.

Új QTH-mon egy, a WARC-sávok használatát is lehetővé tevő, 7-sávos Yagi-antennával sokasodtak a DXCC-körzetek. Jelenleg 334 van QSL-lappal visszaigazolva.

Az utóbbi években főként oszcilloszkópokkal és más műszerekkel, kalibrálásukkal foglalkozom, melyekkel kapcsolatos cikkeim az RT-ben és annak évkönyveiben jelentek meg.

Az általam kedvelt, a múlt század hetvenes-nyolcvanas éveiben gyártott berendezések megfelelő szaktudással és műszerezettséggel, rendszeres hibakereséssel javíthatók, és eredeti képességeik visszaállíthatók voltak. Úgy készültek, hogy évtizedekig használhatók legyenek; aktív alkatrészeik többsége tranzisztor vagy általánosan használt, ezért beszerezhető integrált áramkör.

Nagyszerűnek tartom a jelenleg gyártott televíziók, rádiók, műszerek szolgáltatásait, üzembiztonságát, és magánemberek számára is elfogadható árát. De nem örülök annak, hogy gyakorlatilag javíthatatlanok! Vagy ha javíthatók, ez a hivatalos szervizben is csak egész panelek cseréjével lehetséges, és eleve úgy készülnek, hogy erkölcsi avulásuk miatt néhány év múltán úgyis kidobják azokat...

(E sorozatunk a 2012-es évkönyvünkben kezdődött. – *A szerk.*)

akció a HAM-bazárban!

Nov. 1. - dec. 21. között minden 20 eFt feletti vásárlás után ajándék jár.*

készülékek - modulok - kitek

DSO150
oszcilloszkóp
kit
14.490 Ft

Kiváló szkóp kezdőknek, mérőfejjel.
Elektromosan összeszerelt, csak dobozolni kell.

Max. m.vét. arány: 1 MSa/s
200 kHz-es analóg sáv.szél.
Y-érz.: 5 mV/div ... 20 V/div
Max. bem.jel: 50 Vcs-cs
Bem. Imp.: 1 Mohm/20 pF
Felbontás: 12 bit
Időalap: 500 s/div ... 10 us/diy
Trigger: auto, normál, egyes

Tápfesz.: 5 V DC (8 ... 10 V)
Tápáram: 120 mA/9 V

Súly: 0,1 kg

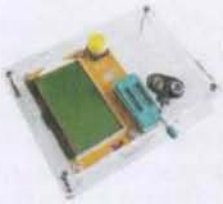
Kijelző: 52 x 40 mm
TFT color

LCR-T4
multiteszter
kit
7.990 Ft

Szinte mindent tud!
Elektromosan összeszerelt, csak dobozolni kell.

Automattikiusan felismer és lemér: npn. pnp tranzisztort, jFET-et, MOSFET-et tirisztort, diódát, LED-et.
Kivezetés azonosítás.
L-mérés: 0,01 mH ... 20 H
C-mérés: 25 pF ... 0,1 mF
R-mérés: 0,1 ohmtól

Kijelzés háttérvilágítással
Tápáram: 9 V DC
Méret: 110 x 85 x 25 mm



Kijelző: 12 x 64 px
LCD monó

60 W-os monó
hangerősítő
modul
2.990 Ft

Ut = max. 24 V/ 8 ohm
TPA3118 IC-vel
Mute funkció
Méret: 46 x 35 mm

150 wattos
DC/DC
fel-konverter
modul
2.990 Ft

A bemeneti egyenfeszültségből magasabb kimeneti egyenfeszültséget produkál.

Bemenőfesz.: 10 ... 32 V
Bemenőáram: 16 A (max.)
Kimenőfesz.: 12 ... 35 V állítható
Kimenőáram: 10 A (max.)
Kimenőtelj.: 150 W hűtéssel!
Hatásfok: 92% (max.)
Nyug. tápáram: 25 mA
Méret: 65 x47 x 24 mm
Súly: 0,1kg

UC3843N
típusú IC-vel

100 wattos
DC/DC
fel-konverter
modul
1.490 Ft

A bemeneti egyenfeszültségből magasabb kimeneti egyenfeszültséget produkál.

Bemenőfesz.: 3 ... 32 V
Bemenőáram: 4 A (max.)
Kimenőfesz.: 5 ... 35 V állítható
Kimenőáram: 10 A (max.)
Kimenőtelj.: 100 W hűtéssel!
Hatásfok: 94% (max.)
Nyug. tápáram: 18 mA
Méret: 43 x 20 x 13 mm

XL6009
típusú
IC-vel

2x3 wattos
sztereó
hangerősítő
modul
990 Ft

Ut = max. 5 V/4 ohm
PAM4803 IC-vel
Hatásfok: <80%
Méret: 20 x 20 x 4 mm
Súly: 2 g

A kitek összeállítását az elektronikai építésben jártasabbaknak ajánljuk, kezdőknek csak segítséggel.
A »HAM-bazár speciál« készülékeiről, készleteiről további információ a honlapunkon található!

Korlátozott készletek, egyes tételek kifogyóban! – Utazás előtt, kérjük, érdeklődjön!

* Az akcióba a lapelőfizetés nem számítható be. (Az már önmagában is kedvezményes tétel.)

HAM-bazár 1138 B.pest XIII., Dagály u. 11. I. em. folyosóközép H - P. 09 - 14 ó., Csüt. 09 - 17 ó.
239-4932/36 m., 239-4933/36 m. 1550 Bpest., Pf. 123 www.radiovilag.hu hambazar@radiovilag.hu 6k

A Rádió Technikától a Rádiótechnikáig

Pálinkás Tibor gépészmérnök, tpalinkas@radiovilag.hu

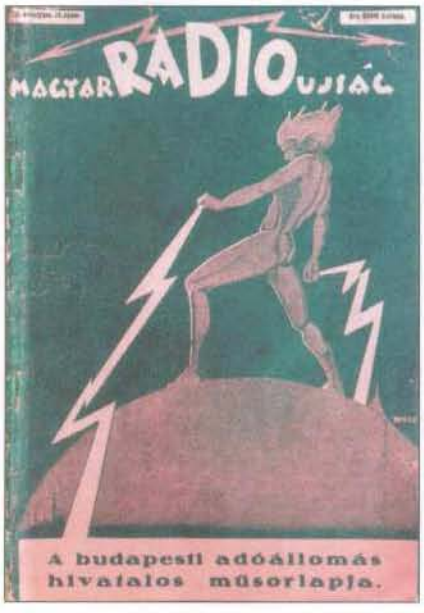
A következőkben összefoglalom a közvetlenül a II. világháború előtt, alatt, ill. a háború után létezett amatőrrádiós lapok történetét úgy, hogy a lehetőség szerint részletes képet adjak a tartalmukról is. A hangsúlyt a kezdetekre helyezem (1936-tól vizsgálva), és csak az 1950-es évek elejéig merülök bele a tartalmi finomságokba. A későbbi kiadványokról – mint például a kedves olvasó előtt jól ismert Rádiótechnikáról, a Rádiótechnika Évkönyvéről és a Hobby Elektronikáról is – főleg a máig ívelő időrendi folytonosság okán emlékezem meg egy-egy rövid fejezetben. Írásom kiindulási alapja néhai Borbás István *2009-ben a szerkesztőségünkhöz benyújtott, jelen tárgyat röviden, összefoglaló jelleggel bemutató kézirata volt. Ennek alapján nemcsak hogy el tudtam indulni az irodalom kutatásában és feldolgozásában, de több szövegrészt változtatás nélkül, ill. csekély módosítással át is emeltem belőle. Ezeket külön nem jelölöm. A cikkemben szereplő szaklapok – ha a periodicitásukat külön nem említem – havilapok. Talán méltányolható, hogy az alább leírtak több ezer oldalnyi folyóirattenger gondos áttanulmányozása során születtek meg!*

1. Előzmények, furcsaságok

„Egy csodálatos készülék ejti bámulatba most a világot. Akik látták és hallották, csodálatosabbnak mondják Aladdin lámpájánál, Szézám asztala vagy a mesék hétmérföldes papucsai, a nibelungi ének ködsipkája naiv játékszerek hozzá képest, és a merész emberi fantázia is megdöbben teljesítőképessége előtt...”

Ezekkel a sorokkal kezdi vezércikkét az 1924. május 24-én megjelent első, nagyközönség számára szerkesztett hazai rádiós lap, a *Magyar Radio Ujság* (MRU; az *1928/1. számtól* a címlapon is „magyarosabban”: Magyar Rádió Újság). Az **1. képen** egy jellegzetes, többször, különböző háttérszínnel nyomtatva megjelent borítót látunk 1926-ból, a **2. kép** már egy ékezetes betűkkel írott című számot mutat. (Közbevetőleg megjegyzem, hogy a jelen cikkben szereplő borítóképek nem egyszer kissé csonkák, és geometriailag is néha torzítottnak tűnnek. Ennek az az oka, hogy csak körülvágott, bekötött példányokat állt módomban lefényképezni.)

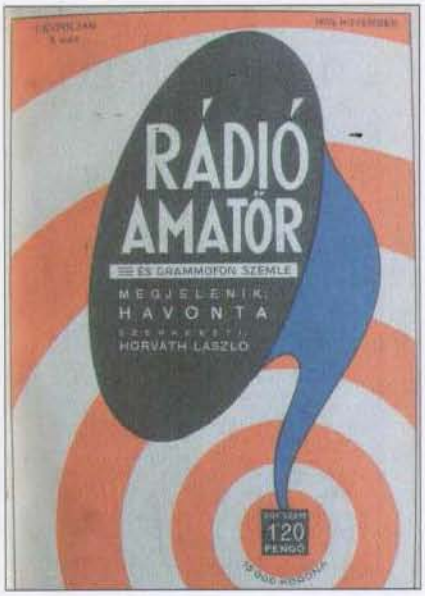
Az eleinte kéthetenként kiadott „képes rádió szaklapot” a jogi végzettségű *Laszgallner Ernő* nyugalmazott MÁV tanácsos alapította és szerkesztette, aki az idáig két másik, nem műszaki jellegű sajtóorgánum szerkesztője is volt. A líraian megénekelt készülék természetesen a rádió volt, amely ebben az időben meglehetősen drága mulatság lehetett! A korábbi években hazai adó még nem létezett, s a külföldi adók vételéhez csöves készülékekre volt szükség. A 3500 példányban megjelenő új lap idejében azonban a Magyar Posta már megkezdte kísérleti adásait és tervezés alatt volt az első hazai adóállomás megépítése is. El lehetett tehát kezdeni a kísérletezést az olcsóbb kristálydetektoros vevőkkel. A szakcikkek mellett a lap közölte a hazai és külföldi műsorokat is, továbbá a rádiós művészeti élet eseményeiről is tájékoztatta olvasóit. Később *Rádió Újság* címmel élt tovább (**3. kép**: valószínűleg az 1938. decemberi címlap). Ez a sajtóorgánum 1935-ben a Magyar Rövidhullámú Amatőrök Országos Egyesületének lapja volt, aztán műsorfüzetté alakult, amely 1944-ig működött, amikor is a Sztójay-kormány belügyminisztériuma, személy szerint vitéz *Kolosváry-Borcsa Mihály* sajtóbiztos, sok másikkal – például a következő pontban részletezendő



1. kép

2. kép

3. kép



4. kép

Rádió Technikával – együtt betiltotta. (Kolosváry-Borcsáról tudható, hogy egy nyilvános könyvbezúzást is levezényelt, aminek 22 vagonnyi kötet esett áldozatul. Később Németországba menekült, de elfogták, haza toloncolták. A Népbíróság háborús bűnökért kötél általi halálra ítélte és 1946 decemberében kivégezték.) A Rádió Újság kiadása folytatódott, *Magyar Rádió Újság*ként, *Petyke Mihály* szerkesztésében, de 1944 decembere után többé nem jelent meg. (Petyke a szerzője a Gestapo foglya voltam című, 1945-ben kiadott riportregénynek.)

A fenti újságok betiltás előtti időszakáról, azoknak az adott gazdasági környezet kiváltotta átalakulásairól, valamint a magát túlhajszoló, tragikusan korán, szívrohamban elhunyt Laszgallner Ernő életéről és munkásságáról részletes tanulmányt tett közzé *Rózsa Sándor* az [1]-ben, három folytatásban. Laszgallner emlékezetére szívhez szóló, lapkiadó munkásságát és szorgos rádióépítő tevékenységét méltató vezércikket hozott le a *Rádió Technika* az *1937/3. számában*. A *Wikipédiában* további érdekességeket olvashatunk róla, például hogy rádiókiállítást, rádiómatinékat rendezett, magyarnóta-pályázatokat írt ki és hétről hétre egy-egy új magyar nóta kottáját tette közzé lapjában.

A Magyar Rádió Újságnak és utódjának konkurensei is támadtak: az 1226-ban *Rádió Amatőr és Grammofon Szemle* címmel indult amatőrszaklap (**4. kép**), az 1929-ben indult *Rádióélet* (némi műszaki tartalommal), az 1927-ben induló, eleinte ingyenes, *Philips Közlemények* (később *Rádió Revü*), az 1927-ben alapított *Rádió Szaklap* és az 1933-ban indult *Antenna* (**5. kép**). Utóbbiról nem sikerült további információkat szereznem.

Mivel jelen írásom tényleges indító témájának, a Rádió Technikának közvetlen előzménye a Rádió Amatőr és Grammofon Szemlével induló „lapkonglomerátum", mindjárt röviden kitérek erre is.

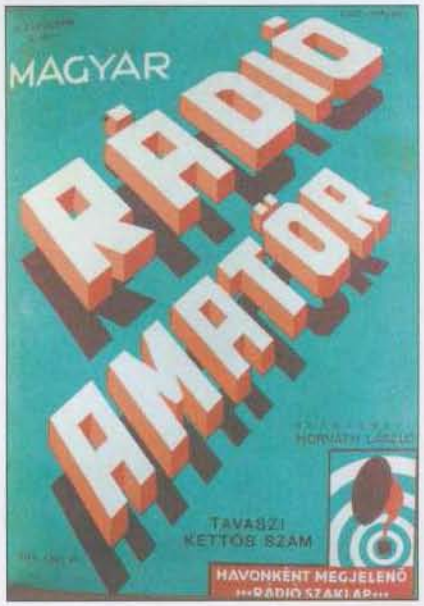
Már végeztem volna ennek a rövidke fejezetnek a megírásával, amikor *dr. Gschwindt András* c. egyetemi docens (HA5WH) felhívta a figyelmemet egy, a nemrég birtokába került elektronikai szaklap-példányra, annak is az első számára. Ez is 1924-ben született, az első száma december 1-jén jelent meg. Számos külső jegyből arra következtettem, hogy az adott példány nem eredeti, hanem fénymásolat, annak is nagyon hiányos, csak pár, egyoldalasan másolt lapja, tűzőkapcsokkal összefűzve. Szerencse a borító és a belső címoldal szerepelt ezek között. A borítón a következő cím olvasható: *Rádió, Röntgen és Egyéb Sugárzások – A Műegyetemi Rádió-Club és a Magyar Orvosok Röntgen-Egyesülete hivatalos lapja*. Ismeretterjesztő folyóiratként deklarálja magát. Megjelenik minden hónap 1-jén, az ára 10 000 Korona. A belső címlap fejléce tartalmazza az impresszumot. Eszerint a főszerkesztője *Karsa Béla* müegyetemi adjunktus. Felelős szerkesztő és kiadó: *Mayer Béla*. A tartalmáról a néhány meglevő oldal alapján nem alkothattam átfogó képet (azok csak röntgentechnikával foglalkoztak), de érdekes, hogy egy másik cikk címe így hangzik: *A Műegyetemi Rádió Club megalakulása*. Azaz itt helyesen, kötőjel nélkül írták le a szervezet megnevezését...

5. kép

6. kép

A mellékelt címlapkép (**6. kép**) eredeti példányé, és a *www.radiomuseum.hu* honlapról származik. Ha más nem is, egy dolog kiderül belőle: ez a lap legalább 1927 áprilisáig még prosperált!

Sajnos, az ismeretterjesztő folyó-



7. kép

8. kép

irat további sorsáról semmit sem sikerült megtudnom. És ki tudja, hogy ebben a „hőskorban" hány kérész életű rádiótechnikai témájú lapocska látott napvilágot, majd szűnt meg nyomtalanul?

A sokcímű amatőrszaklap

Horváth László főmérnök (hogy hol töltötte be ezt a tisztséget, azt nem sikerült kideritenem) saját kiadásban és saját szerkesztésében indította el az először *Rádió Amatőr és Grammofon Szemle* című lapot. Az [1] megállapítja hogy *„A folyóirat nemcsak címében, hanem formátumában tördelésében, tematikájában is szinte azonos volt a hivatkozott osztrák rádiós szaklappal."* (Értsd: az osztrák *Radio Amateur*rel). Horváth a lap címét kisvártatva kétszer is megváltoztatta, majd a kiadás joga más kiadóhoz került, a szerkesztők is cserélődtek, a cím további módosításokat élt át. Nem is ez az igazi problémám, hanem hogy a borítón koronként más cím szerepel, mint a belső címoldalon! Ezt már az MRU-nál tapasztalhattam: a borítón sokáig „Radió" olvasható, bár az *1924/7-ik számtól* a belső oldalakon már „Rádió" szerepel, ami csak az *1928/1. számtól* kerül ki a címlapra is.

9. kép

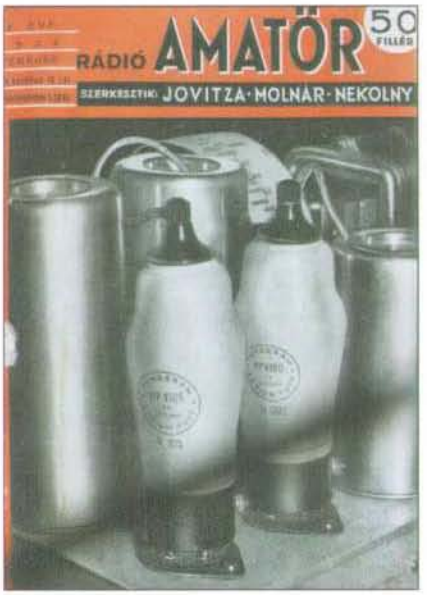
Horváth lapja a *Rádió Amatőr és Grammofon Szemle* címet következetesen csak az *1926/10.* és a *11. kiadásnál* követi. A *3., (12. havi)* borítón már a *„Magyar Rádió Amatőr"* szerepel, és a belív fejléceibe csak „Rádió Amatőr"-t nyomtattak, a belső címlapon ez alatt feltüntették az *„és Grammofon Szemle"* címtoldalékot is. Hogy miért írták két „m"-mel? Akkoriban még elfogadható lehetett így; a jóval korábban kiadott Pallas Nagy Lexikona ennek az amúgy is idegen eredetű kifejezésnek ezt a régies formáját szerepelteti.

A júliusi-augusztusi összevont szám még ezt az írásmódot követi, ám a *1927/9.* belső címlapján már nincs szó grammofonról (a cikkek között addig sem találtam ilyen témájút...), helyette közli velünk, hogy: *A Dél-magyarországi Rádió Club hivatalos lapja.* Az *1928/2. számtól* kezdve ez az állandó közlemény további sorral bővül: *„A Magyar Rövidhullámú Amatőrök Egyesülete"* hivatalos lapja, a *6. számtól* pedig már *„A Nyugat-magyarországi Rádióegyesület"* hivatalos lapjává is vált. Az 1927. májusi címlapot a **7. képen** láthatjuk.

A hivatalos lap titulusok maradtak, de az *1930/11. számtól* újabb címváltozás következett be, *Rádió és Fotó Amatőr* lett (**8. kép**), ami belső oldalakon kissé másképpen íródott: Rádió- és fotóamatőr. Decembertől a belíveken is a borító írásmódját követik.

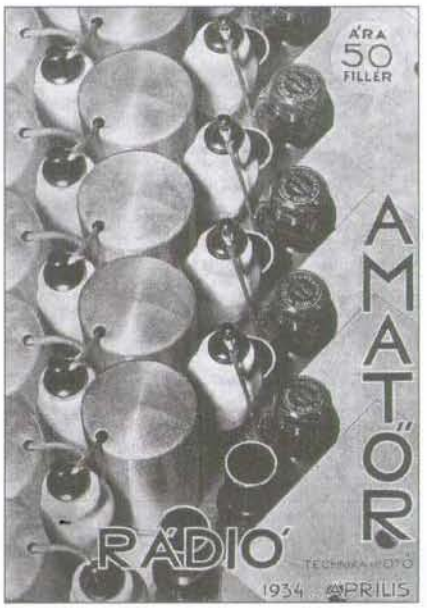
Végre *1931 januárjától* már *„A Keletmagyarországi Rádiótársaság hivatalos lapja"* megtisztelő címet is kivívta. (Némi malíciával kérdezhetnénk: és az északmagyarországiakat miért hanyagolták? De szorítkozzunk továbbra is a tényekre.)

Az aktuális tényeket pedig az *1932/12. szám* vezércikkében, nagy betűkkel szedve olvashatjuk: a nyolcadik évfolyam az *„Az amatőr. Rádió, Technika, Fotó"* címmel fog megjelenni, a szerkesztéshez pedig megnyerték *Jovitza György, Molnár János* és *Nekolny Kurt* kiváló szakírókat. Hozzá teszem: a kiadó *Árvay László* lett.



10. kép

1933 januárjától a fenti főcímmel, „Rádió Technika Fotó" alcímmel jelenik meg az újság, a belív oldalain csak *„Az amatőr"* szerepel (**9. kép**). 1934 februárjában újabb rejtélyes címváltozáson esik át a lap: a borítón is és a belső címlapon is címként már csak *Rádió Amatőr* szerepel (**10. kép**), mígnem a *3. számtól* belül *„Amatőr Rádió-Technika-Fotó"*



11. kép

Cím	Megjelenés ideje	Megjegyzés
Antenna	1933 - 1942 (?)	
Az áram	1929 - 1944	
Elektromodul tájékoztató	1966 - 1990 (?)	
Hangadó	1934 - 1938 (?)	
Híradástechnika	1949 - 1976	
Jugoszláviai Rádió Szaklap	1929 - ?	Zombor
Kép- és Hangtechnika	1955 - 1976	Szerkesztő: Molnár János, Kemenes Frigyes
Magyar Posta és Távirda Szaklap	1901- 1902 (?)	
Magyar Radió Újság	1924 máj. - 1927 okt.; 1925 jan. - 1928 jan.	Szerkesztő: Laszgallner Ernő
Magyar Rádió Újság	1928 jan. - 1929 szept. 1944 máj. - dec.	Szerkesztő: Laszgallner Ernő Szerkesztő: Petyke Mihály
Mérés és Automatika	1906 - 1924 (?) 1952 - 1992	
Műszaki Közlemények	1928 - 1940	
A posta	1906 - 1924 (?)	
Postaközlöny	1868 - ?	
Rádió Élet	1929 - 1944	
Rádió és Villamosság	1932 - 1938 (?)	
Rádió és Grammofon Hirlap	1930 - 1934	
Rádió, Röntgen és egyéb sugárzások	1924 - ?	Főszerkesztő: Karsa Béla
Rádió Szaklap	1927 - 1929 (?)	Szerkesztő: Rein István
Rádió Újság	1928 szept. - - 1944 máj.	1937 márc.-ig Laszgallner Ernő szerkeszti, halála után családi vállalkozás
Romániai Rádió Szaklap	1928 - ?	Nagyvárad
Rövidhullámú Szemle	1937 július - 1938. június/július (?)	Felelős szerk.: Fehér Gyula
A „sokcímű amatőrszaklap"		Részletesen a **2. táblázatban**
Villamos Élet	1938 - ?	Címváltozatok: Villamosok lapja; Villamos Hírek; Villamos Szikra
Villamos Fogyasztók Lapja	1934 - ?	
Villamossági Rádió	1939 - 1944	
VILLÉRT Híradó	1972 - ?	
Villanyfelszerelők és Műszerészek Lapja	1912 - 1944	
Villanyszerelő, Műszerész, Látszerész és Rádió Iparosok Szaklapja	1948 -	
Tungsram Technische Mittelungen		

1. táblázat. Néhány magyar nyelvű rádiós, villamos és rokon témájú szaklap

olvasható. *A 4. számtól* kezdődően a borítóra is *Amatőr Rádió-Technika-Fotó"* -t írtak (**11. kép**). Az *1934. július-augusztusi* összevont szám címoldalán a „Keletmagyarországi..." helyett egy újabb szervezet lépett be a sokcímű sajtóterméket hivatalos lapként maguknak tudók táborába: a *„Nyugatmagyarországi Rádiótársaság"*. A lap a legutóbbi címet viselte a megszűnésig, az *1935/9., 10.* dupla számig, ez után a magyar rádióamatőr szaklapok kiadásának történetében először, 3 hónapig csend honolt...

Az **1. táblázatban** a fentieken kívül is jó néhány, a maga idejében többé-kevésbé sikeres rádiós, villamos és rokon témájú szaklap címe szerepel, és bizony, nagyon sok a kérdőjel (Borbás István gyűjtéséből). A sokcímű lap címváltozatait a **2. táblázat** foglalja össze, időrendi sorrendben.

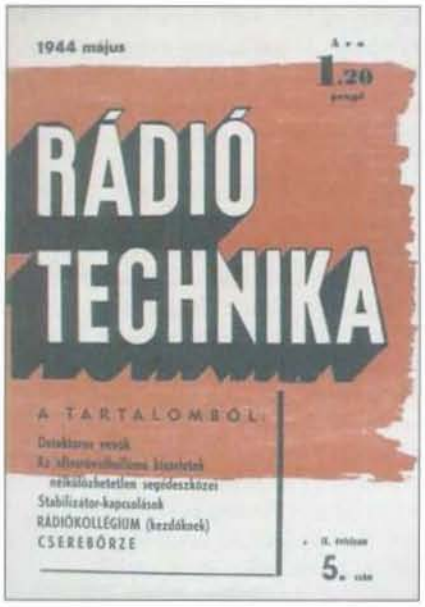
2. Rádió Technika

A *Amatőr Rádió-Technika-Fotó* – a nagy világválság nálunk hosszan elnyúló időszaka végén – tehát megszűnt, de 1936 februárjában *Rádió Technika* címmel ismét megjelent, Molnár János és Jovitza György szerkesztésében. A felelős szerkesztője és kiadója *Paskay Bernát* postafőigazgató. Az impresszumban 1939 novemberétől *Havas Rezső* neve is szerepel, mint igazgató. A meglehetősen rejtélyes életvitelű Nekolny Kurt idő közben „eltűnt", valószínűleg titokban külföldre távozott. Róla, és az időszak sajátos rádiós körülményeiről érdekes dolgok tudhatók meg a [2]-ből.

Az első szám vezércikke így kezdődik: *„Régi jogon szólunk olvasóinkhoz. Uj hasábokon, uj köntösben, de ugy hisszük, hogy azokhoz szólunk, akiknek bizalmát több mint egy évtizede sikerült megszereznünk és megtartanunk. Mert a Rádió Technika munkatársai között ott vannak azok, akik a technika legfiatalabb hajtásának életében az első pillanattól kezdve szakadatlanul részt vettek."* A vezércikkben az új lap felelős szerkesztőjét és kiadóját, Paskay Bernát postafőigazgatót is külön köszöntik a szerkesztők.

Ez, a csonka évfolyamokat is beleszámítva összesen 11 évfolyamot megélt sajtóorgánum a kor rádióamatőr-újságjaitól elvártnál talán magasabb színvonalon szerkesztődött, a tematikája igen szerteágazó volt. Olyannyira, hogy bár jóval nagyobb terjedelmet szántam rá, mint a többiekre, a részletezésére ezen cikk keretében mégsem vállalkozhatom, csupán a főbb témákat és a korszakra jellemző érdekességeket sorolhatom fel, többnyire a forrás pontos megnevezése nélkül. (A részletek iránt érdeklődők legjobb, ha a KANYI-ban [lásd később] böngésznek a lapra vonatkozó 1790 bejegyzés között!)

Figyelmet érdemel a szerzőgárda: a szerkesztőkön kívül számos, közülük a munkásságáról a szakmai körökben ma is ismert szaktekintély publikált a lapban, sokszor magas színvonalú elméleti cikkeket is. Gyakran olvashatjuk például *Magyari Endre* különböző tárgyú, de mindig nagyon gondosan, korrektül megfogalmazott írásait a távolbalátásról, grafikus számítási módszerekről, antennákról és tápvonalakról, elméleti témákról; *Dallos György* és más Tungsram-beli kutatómérnök; *Löbl Ferenc, Ránky Béla, Tomcsányi Béla, Zakariás Imre, Zelenka László* (akit egy 2008-ban megjelent, róla szóló kötetben ([3] „magyar Edison"-ként aposztrofáltak a szerzők) ma is értékelhető cikkeit. Természetesen az olvasók által beküldött és arra érdemes kéziratait szerkesztett cikkeket is közzé tettek. Sajnos, nagyon sok esetben a szerző nincs feltüntetve, még nívós cikkek, sorozatok esetében sem. Van, aki álnevet használt, pl. az akkor közis-



12. kép

mert adóamatőr *Dr. Heaviside* alias *dr. Radnay László*. Néhányan ma már megfejthetetlen névrövidítést kértek a cikkeik végére.

Az utolsóként megjelent 1944/5-ös szám jellegzetes „tépett szélű" aláterítéses borítóját mutatja a **12. kép**. A következőkben a lap főbb tartalmi elemzését adjuk. Többnyire nem szó szerint idézem a cikkek címét (sem a Rádió Technika esetében, sem majd a többi lapnál).

Műsorvevő készülékek és tápellátásuk

Az természetes, hogy a lap címéből következően rengeteg a szó szerinti rádiótechnikai téma: a legkülönbözőbb detektoros vevő, visszacsatolt audion, reflexvevő, szupreg, szupervevő számtalan változatát hozták az évek során, otthoni, hordozható (kofferrádió) és autórádió változatban is. Még zsebrádiót is közöltek, *Zerinváry Endre* jóvoltából (*1943/1*)! Több konstrukció láthatóan reklám jelleggel került be: a szerzője – itt bizony nem hiányzott a neve! – gyártotta és forgalmazta a részegységeit, árusította az alkatrészeit. Ilyen szerző volt például *Vörös Rezső* okl. gépészmérnök; a kávéházi pincérből rádiószakértővé és kereskedővé avanzsált „szamaras" *Hornyák Szilveszter* vagy pl. *Horváth István* gépészmérnök vagy *Kiss Tivadar*. Persze nem minden rádió- és alkatrészkereskedő publikált, de az idő múlásával egyre többüknek a hirdetései bukkannak fel a Rádió Technika hasábjain.

Aktuális cím a B1-en	Megjelenés ideje	Megjegyzés
Rádió Amatőr és Grammofon Szemle	1926/10, 11	
Magyar Rádió Amatőr	1926/12 - 1927/8	Belül: Rádió Amatőr és Grammofon Szemle
	1927/9 - 1930/10	Belül: Rádió Amatőr
Rádió és Fotó Amatőr	1930/11 - 1932/12	Belül: Rádió-és Fotóamatőr
Az Amatőr. Rádió, Technika, Fotó	1933/12 - 1934/1	Belül: Az amatőr Szerk: Jovitza, Molnár, Nekolny
Rádió Amatőr	1934/2	
	1934/3 - 1935/9, 10	Belül: Amatőr Rádió-Technika-Fotó

2. táblázat. A „sokcímű" amatőrszaklap címkronológiája

A vidék rádióellátásának problémája, különösen a háborús időkben gyakran visszatérő témát adott, már a lapelődök számára is. A falvak nagy része nem volt még villamosítva, a telepes vevők áramellátása, főleg az anódtelepek miatt, rendkívül költséges volt. Az olvasókat is felkérték, hogy javasoljanak megoldásokat. A legkülönbözőbb, sokszor extrémnek tűnő ötletek születtek, a házi anódtelep-készítés, a házi szélerőmű (több konstrukció is volt, az egyikhez házi készítésű generátort is leírtak, egy másik szerző cikksorozat keretében a turbinalapátok aerodinamikájára is kitért) és az egész falut ellátó hőlégmotor (lényegében Stirling-motor) még a szelídebbek közé tartozik. Utóbbit ki is állították a feltalálók az egyik BNV-n, a további sorsát nem ismerem.

Ám a beérkező javaslatok között kézzel, súlymotorral vagy lovas járgánnyal hajtott áramfejlesztő is szerepelt! Érdekes, hogy a szobakerékpárhoz hasonló, pedálokkal közvetve generátort hajtó készségről nem olvastam, holott a honvédségnél ilyen is volt rendszeresítve! Jelzem, a kézzel hajtott áramfejlesztő ma már nem is annyira őrült ötlet, mint amilyennek akkor a szerkesztők szemében tűnhetett. Egy modern, a korabelieknél lényegesen kisebb fogyasztású táskarádióban meg is valósítható, ha a dinamó (vagy generátor, egyenirányítás után) a beépített akkumulátort tölti. Ilyet gyártottak is: az *ELEKTROnet 2005/8. számában* hírt adnak egy „kurblis" Grundig zsebrádióról, a *Rádiótechnika 2008/4. számában* pedig egy „kurblis" laptopról. Arról se feledkezzünk meg, hogy a II. világháború idején már ismert volt az a zseblámpa, amibe kézi működtetésű generátort építettek be. Ez is visszatért, persze most már LED-es formában. Ma inkább a napelemet preferálják, akár mint szükség-áramforrást, de ez sem új; a *Rádió Technika 1942/4. és 5. számában László Tihamér* megpendíti a témát, persze még a szelén fényelemeket hozva szóba.

Hasonlóan „soha le nem rágható csontnak" tűnik a mai olvasónak a néprádiók (olcsó audionok, kisszuperek) gyártásának ügye. E témákban vezércikk is született.

A rádiók üzemeltetéséhez is kapcsolódik az anódpótlók (csövesek, vibrátorosak, szelénesek), tápfeszültség-stabilizátorok témaköre.

A gyári műsorvevőkkel kapcsolatos, *„A jövő szezon rádiókészülékei"* rendszeresen jelentkezett, évente mutatta be a jelentős magyarországi üzemek új gyártmányait fotókkal illusztrálva. Elképesztő, szerény megítélésem szerint eltúlzott típusválasztékkal találkozhatunk. Különösen megdöbbentő hogy ez a háborús években sem látszik csökkenni: például csak az ORION 1941. évi kínálatában 21 típust számoltam össze. Ne feledjük: Magyarország ebben az évben lépett be a háborúba!

Rádiószerviz, zavarelhárítás, vevőantennák

A korszak rádiózásának neuralgikus pontja a rádiószerviz (akkori szóhasználattal: „szervisz"). Rendszeres polémia folyt arról, hogy ki vállalhat hivatalosan ilyet, azaz ki lehet „rádióiparos", „rádiókisiparos"? Annak idején, amíg ezt a dolgot törvényileg nem rendezték, és meg nem indult a szervizszakember-képzés (aminek vizsgáiról rendszeresen beszámolt a lap), nem csak a villanyszerelők, de az optikusok is jogosultak voltak a rádiójavításra! Ennek *fényében* tán érthető, hogy egyes rádiótechnikai újságok

szerkesztői affinitást éreztek a foto- és filmtechnikához is...

Természetesen a Rádió Technikának szervizrovata is volt, és az olvasók által beküldött érdekesebb szervizeseteket is közzé tették, sőt díjazták is. A ravaszabb hibákat a fejtörő rovatban ismertették, a jó megoldásokat szintén díjazták. Molnár módszeres hibakeresésre alapozott szerviz-sorozata a „*Rádiószervisz*" a 2+1-esektől a szupervevőkig tárgyalta a hibakeresés és -javítás fogásait.

A rádiózavarok felkutatása, semlegesítése komoly problémát jelentett – és bizony jelent sokszor ma is. Ebben a témában is színvonalas, sok elméleti és gyakorlati ismeretet felvonultató cikksorozat látott napvilágot, *Ránky Béla* tollából. Ehhez kapcsolódóan többször értekeztek a központi antennákról. Teret adtak az érintésvédelmi, villámvédelmi témáknak is.

A rádióhallgatók igényeit elégítették ki a külföldi adóállomások frekvenciatáblázatai, a hazai adókkal kapcsolatos újdonságok, a műsorsugárzással és -vétellel, vevőantennákkal kapcsolatos ismeretterjesztő cikkek.

Szakkifejezések magyarítása

Tulajdonképpen ma is aktuális volna a külföldi elektronikai, rádió- és híradástechnikai szakkifejezések magyarítása. Akkor is az volt: közölték a kritikus szavak listáját, és az olvasókat kérték fel a szerintük legmegfelelőbb magyar kifejezések megalkotására. Beérkezek javaslatok, de egyik szörnyűbbnek tűnt nekem, mint a másik. Most hirtelen a Philips magyar képviselete által javasolt „látórádió" jut eszembe. Az ezzel foglalkozó cikkekben próbálták is a továbbiakban következetesen használni, de mára maradt a televízió, vagy röviden tévé. És többnyire változatlanul él a többi kifogásolt szakszó is. A legutóbbi időkben többen próbálkoztak – szerkesztőségünk is – például a „drótposta", „villámposta" szó bevezetésével. Ám az „e-mail" makacsul tartja magát, úgy látszik, hogy nincs értelme küzdeni ellene. Nem vagyok nyelvész, lehet, hogy ők nem is értenek velem ebben egyet, de úgy gondolom, hogy ha egy-egy ilyen szót, kifejezést a magyar mondatszerkesztés szabályai szerint, magyar toldalékolással helyezünk el a mondatainkban, akkor előbb-utóbb az magyar szóvá válik.

Esetenként a korabeli terminológia megtévesztőnek is tűnhet a mai olvasó számára. Mire gondolunk ma, ha azt halljuk, olvassuk, hogy „hangdoboz"? Nyilván egy olyan, akusztikailag méretezett ládára, amibe egy vagy több hangsugárzót szereltek be. Hát akkor nem ezt jelentette, hanem a lemezjátszó hangszedőjét!

Hangrögzítés

És ha már itt tartunk: a lemezjátszó slágertémának számított. A lap rá próbálta beszélni az olvasókat a házi lemezvágásra, mert alacsonynak ítélték meg a nálunk ezzel foglalkozók számát. Az ehhez szükséges készülékeknek nemcsak a mechanikájának, erősítőrendszerének otthoni megépítését, a hordozónak alkalmas anyagokat (például a preferált röntgenfilmet) részletezték, de még a különféle hangszedők, elektrodinamikus lemezvágófejek, azaz *hangdobozok* házi elkészítését is! Ezek után azon sem csodálkozhatunk, hogy dinamikus és kondenzátormikrofon, szalagmikrofon, dinamikus hangszóró, kristályhallgató készítéséről is cikkeztek. De még a piezoelektromos Seignette-só kristály otthoni növesztésére is adtak recepteket! A háborús körülmények generálta akut alkatrészhiány szellemes ötletek garmadáját hozta felszínre más téren is.

Aztán jött a magnetofon, főleg az amúgy nagy számban beszerkesztett külföldi hírekben, de huzalos magnetofon házi készítéséről is jelent meg cikk, a fejek legyártását is beleértve.

Munkaeszközök, fogások, általános elektronika

Többen feltalálták a „tökéletes forrasztópákát" és például leírták a pisztolypákát is, bár még nem így nevezték. Ezen kívül rengeteg munkafogást, amatőr alkatrészkonstrukciót, elektroncsövek javítását, helyettesítését taglaló cikk közül válogathatunk.

Az egyik slágertéma volt a Mirákulum nevű kapacitív közeledéskapcsoló. Az újdonság erejével hatott, hiszen a rádiócsövet nem rádióhoz, hanem egy idegen szakterület számára vették igénybe, amit ma szenzortechnikának nevezünk. Anno ez szokatlan volt, de a csövek más irányú alkalmazásáról is egyre többet cikkeztek, például a Mirákulumhoz később több kiegészítő született. A primitív elektronikus hangszerek és az „éterhangszer" is a különlegességek kategóriájába tartozott. *Weinstock Ferenc* „*Bravúrkapcsolások*" rovata sok, akkoriban sokatlan, szellemes áramkört ismertet, külföldi források alapján. E kapcsolások jó része az ipari elektronika témakörébe tartozik. (Megjegyzem, hogy szívesen látnék ilyen szellemesen egyszerű kapcsolástechnikai ötleteket a mai szakirodalomban is, de hát úgy látszik, az egyre bonyolultabbá váló, rohamlétekkel digitalizálódó elektronika már egyáltalán nem támogatja ezt a műfajt! Kit érdekelnek az egyszerű kapcsolások akkor, amikor már néhány ezer forintért beszerezhető szupercsipen milliárdnyi tranzisztort integráltak. És az ezekben futó szoftver sokszor ugyanolyan zseniális, mint az elektronika...)

Vegyes, közérdeklődésre számot tartó, ma is keresett téma volt például a fémkereső, az időzítő készülék; ezekből több félét is lehoztak.

A gáztöltésű, triggerelhető csövet, a tiratront kiváltképpen az impulzustechnika számára fejlesztették ki. Több kapcsolás jelent meg a lapban ezzel az eszközzel. Különleges eszköznek számítottak a varázsszemek és egyéb hangolásjelző csövek, a katódsugárcsövek, de még a ködfénylámpák is, hiszen utóbbiakkal feszültségstabilizátort, relaxációs oszcillátort lehetett építeni. A katódsugárcsövet több szerző is bemutatja, és pl. *Magyari Béla* nagyon egyszerű, tiratronos fűrészgenerátorú oszcillográf (oszcilloszkóp) építési leírását közli, 3 cm képátmérőjű(!) katódsugárcsővel. Olvashatunk amatőrszkóphoz alkalmas háromcsatornás elektronkapcsoló-építésről is.

A katódsugárcsővel kapcsolatban meg kell említeni a számos, távolbalátással foglalkozó írást is, bár a mechanikus képbontású rendszerek (Mihály, Nipkov, Okolicsányi, Weiler) is szóba kerülnek, a Kerr-cellával együtt.

Az impulzustechnika területére végre beszivárogtak az elektroncsövek, végre megtörténik a kéttriódás bistabil és astabil multivibrátor rövid bemutatása is. És persze röviden szóba kerül a számítógép.

Tanfolyam jellegű sorozatok, kezdőknek; méréstechnika

A kezdőkről sem feledkeznek meg a szerkesztők. Több, időnként párhuza-

mosan futó sorozatot indítanak az elektrotechnika alapelveiről, ill. kifejezetten a rádiótechnikáról. Utóbbi már a jövendő adóamatőrökhöz szól, mert az utolsó közleményeiben egyszerűbb-bonyolultabb rövidhullámú adók egyszerűsített elméletére, megépítésének részleteire is kitér.

Néhányszor érdekes demonstrációs eszközöket is bemutatnak, pl. olyanokat, amelyeket vidéki tanárok fejlesztettek ki, és a középiskolai oktatáshoz használták fel.

Kiemelkedik ezek közül László Tihamér fizikatanár több folytatáson keresztül ívelő kísérletsorozata, amelyhez URH sávban dolgozó rendszert fejlesztette ki, és végső soron Hertz kísérleteihez hasonló demonstrációkat mutat be a segítségével, részletes magyarázatokkal kísérve, fotókkal illusztrálva.

Természetesen tág teret kap a méréstechnika, ezen belül a mérési alapelvek, egyszerűbb és bonyolultabb hidegműszerek, egyszerű csővoltmérők, mérőhidak, különböző HF és RF generátorok, GDO-k (nem így nevezték), elektroncső-mérők és teszterek, valamint méréselméleti cikkek, pl. modulációmérés és hasonlók.

Amit akkoriban a haditechnika elektronikájáról, rádiótechnikájáról tudni lehetett, azt kis hírek, ismeretterjesztő cikkek keretében próbálták közzé tenni. Többször is szó volt a radarról, a rádiónavigációról, sőt, röviden kitértek a rakétafegyver irányítására.

És persze sok ismeretterjesztő cikket találunk az orvosi diagnosztika és a gyógyítás korszerű módszereiről (pl. EEG, EKG, RH terápia; utóbbihoz kapcsolási rajzok is tartoznak). Az *1943/8-as számban* egy érdekes sorozat indul, *„Életműködésünk elektromos szemmel"* címmel. Egy másik sorozatban szó esik a „földsugárzásról", a varázsvesszőről is, több folytatásban.

Zelenka László egy akkoriban különleges témáról értekezik két részben: a geodéziai kutatásnak a varázsvesszőtől különböző, szeizmikus módszeréről, vázlatosan bemutatva az induktív és a kapacitív geofont.

Már akkor is voltak rendszeres szakkönyvajánlók (*Könyvszemle*), külföldi rádiókiállításokról és egyéb, a témába vágó rendezvényekről szóló híradások; technikatörténeti cikkek és például a rádió bölcsője körül ténykedő tudósokról, feltalálókról röviden megemlékező írások.

Adóamatőrökhöz szóló cikkek

Nem szabad megfeledkeznünk az adóamatőröknek szóló témákról sem. Kezdőknek szóló morzegyakorlók, a morzetanulás/gyakorlás módszerei, egyszerűbb és bonyolultabb sávvevők építése, antennák fajtái, telepítése stb. Amikor éppen nem volt betiltva Magyarországon a forgalmazás, nyilvánosságra hozták az engedélyes adóamatőrök listáját, a hívójelükkel együtt.

A legkülönbözőbb szabadonfutó, majd kristályoszcillátorokat (különösen kedvelt volt az ECO), frekvenciatöbbszöröző fokozatokat, modulátorokat, adóvégfokokat, antennaillesztőket, adóantennákat ismertettek, főleg RH-ra (akkor még a CW-n kívül csak AM üzemmódra). Néha előfordultak URH áramkörök is, pl. Lecher-vezetékes oszcillátor, vevőkeverő RH-ra, irányított antenna stb.

A szuperkészülékekre különös hangsúlyt fektettek: részletesen foglalkoztak a helyi oszcillátorokkal, a keverőkkel, hangolt körökkel és azok elemeivel, a modulátor- és az oszcillátorkör hárompontos együttfutásával. Szóba került a szelektivitás kérdése, a kétszeres transzponálás, a középfrekvencia és a KF-erősítő, a demodulátor, az AGC, a szelektív HF fokozat stb. Ezeket az ismereteket a műsorvevők építői is kamatoztathatták.

Néhány rádióamatőr szerző a névaláírás helyett többnyire a hívójelét használta (pl. a HAF8C hívójel *Kiss Lajost*, az oszcillátorok egyik szakértőjét rejti).

Szintén főleg a rádióamatőröket érdekelték a magaslégkör fizikáját kellő részletességgel tárgyaló hosszabb sorozatok, melyek szerzője előbb László Tihamér, majd az újkori Rádiótechnikában is ugyanezen témakörben publikáló *Flórián Endre*.

A rövidhullámú amatőrök érdeklődésére tarthatott számot a „Rövidhullámú éterriport" (olyasmi, mint a mostani DX-hírek), a hullámterjedéssel kapcsolatos írások viszont az RH étervadászokat is érdekelhették, hiszen akkoriban a komolyabb műsorvevők már alkalmasak voltak a rövidhullám vételére, gyakran több nyújtott sávval könnyítve meg az állomásra hangolást.

Műszaki matematika

Kuriózumnak számít az ilyen jellegű lapokban a kifejezettem „műszaki matematikát" oktató cikksorozat, az *1938/7–8. dupla számban* induló *„Számoljunk"*! Bármely műszaki szakterülettel komolyabban foglalkozó ember nem lehet meg matematikai ismeretek nélkül. Ezzel kapcsolatban akkor is hiányosságok voltak tapasztalhatók, ezért vágott bele a szerkesztőség ebbe a nem mindennapi vállalkozásba. A 46 részes (!) sorozat meglehetősen egyszerűen – talán az „igazi" matematikusok szerint nem is mindig a legkorrektebb magyarázatokkal, bizonyításokkal – vezet el az egyszerű összeadástól a hiperbolikus függvényekig. Mindvégig lehetőség szerint konkrét áramköri példákon (elektroncsöveken, RCL vegyes hálózatokon, rezgőkörökön stb.) illusztrálva az éppen tárgyalt matematikai fogalmak, módszerek használatát. A következőkről esik szó: alapműveletek prioritása, hatványozás, függvények, grafikonok/diagramok, nomogramok, a Thomson-képlet levezetése, a logaritmus fogalma és alkalmazása és a logarléc, egyenletek, szögfüggvények, Fourier-sorok, Pithagoras-tétel és a koordinátarendszerek, vektorok, fázisszög, a „j" bevezetése, komplex számsík, a komplex számokkal végezhető műveletek, komplex ellenállás (impedancia), grafikus műveletek, iránytangens, differenciálhányados, többszöri deriválás, határérték, hatványfüggvények és egyéb függvények deriválása, az „e" és a természetes logaritmus, az integrálás, mint a deriválás inverz művelete (a gömb térfogatának levezetésével és számos gyakorló példával), faktoriális, Taylor-sorok, a szögfüggvények és az exponenciális függvények közötti kapcsolat. Az egyik részben részletesen elemzi a Wien–Robinson hidat, algebrai és grafikus módszerekkel is.

A sorozat az induláskor beígért differenciálegyenletekig, sajnos, már nem jutott el. Folytatásai közül csak kettő alatt szerepel szerzőként *Bokor László* neve, a többi nincs aláírva, de az egészre jellemző egységes írói stílus és szemlélet okán feltételezem, hogy a teljes sorozatot neki köszönhetjük.

Végső soron matematikai témát taglal a *„Számítások logarléccel"* is.

Vegyes témák, fejtörők

Úgy látszik, hogy már akkor kevésnek tartották az újonnan benyújtott szabadalmi kérelmeket, mert az *1938/3.*

számban négyrészes sorozat indul Jovitza György tollából, „*Hogyan kell szabadalmat bejelenteni?*" címmel. A sorozatban konkrét példán keresztül részletezi a teendőket.

A korszerű rádióalkatrészek bemutatása sem maradhatott el, akár hazai, akár külföldi termékekről lett légyen szó; erre volt hivatott a fényképekkel illusztrált „*Mi újság a piacon*" rovat.

A legtöbb szerkesztőség törekszik az olvasóival való kapcsolattartásra. A Rádió Technikában erre szolgált a „*Miért?*" (Válaszok olvasók szakmai kérdéseire), és a „*Szerkesztői üzenetek*". A legtöbb mai folyóirat, napilap ezt természetesen az interneten keresztül oldja meg.

Mai szóhasználattal apróhirdetéseket tartalmazott az „*Egymás között*", szerény terjedelmű rovat.

Kiemelendő a lap érdekes ismeretek megszerzésére is alkalmas, sokszor olvasmányos sztorikba burkolt kérdésekkel operáló rendszeres rovata, a „*Kérdéseink*" címmel futott fejtörő. A helyes választ adók között tárgyjutalmakat (rádióalkatrészeket) sorsoltak ki. Ezen belül 1937-ben *Aranyérmes-Mesterversenyt* is indítottak, a nyertesek arcképét, rövid életrajzát közzé tették. Úgynevezett *Mozaik verseny* is szerepelt a rovatban. Kiírták a többfordulós *Laszgallner Ernő-emlékversenyt* is. Az elnyert pontok minden versenyzőnél 1 évig halmozódnak; olyasmi ez, mint később a *Rádiótechnika Létraversenye*.

A kérdéseket sokszor rövid történetkék keretében tálalták: a komoly szakmai tapasztalattal felvértezett *Heterodyn úr* kapásból megoldja a hozzá forduló ismerősei ravasz problémáit, de nem árulja el nekünk hogy mit, s hogyan, míg a szakmailag nem túlságosan képzett *Nemtom Pali*, kísérletezései közben furcsa, általa értelmezhetetlen jelenségeket tapasztal, nem várt eredményeket kap. Mindkét esetben az olvasókhoz fordulnak, hogy oldják meg a rejtélyt, ill. írják meg a javítás módját.

Egészen különleges versenyt írtak ki a rovat keretében a *39/1. számban*. Ez egy folytatásos történet, ami három, nemrég érettségizett fiatalemberről szól, akik hajótörést szenvednek egy lakatlan szigeten. Úgy döntenek, hogy rádióadót készítenek szinte a semmiből, hogy vészjelzéseket tudjanak leadni. Első dolguk a helymeghatározás, amihez egy működésképtelen zsebórájuk van csupán.

13. kép

A továbbiakat hónapról hónapra az olvasók ötletei alapján kellett volna megírni. A feltételek: annyit építsünk csak egy hónapban, amennyi emberileg lehetséges, csak olyan ismeretekre támaszkodjunk, amivel a téma iránt érdeklődő, középiskolát végzett fiatalemberek rendelkezhetnek, csak olyan anyagokat vehetünk számba, amelyek a szigeten nagy valószínűséggel megtalálhatók, ill. olyan technológiákat vethetünk be, amelyek az adott körülmények között elképzelhetők.

Számomra úgy tűnik, hogy nem érkezhetett be túlságosan sok használható javaslat, így a sztorit, az ötleteket hónapról hónapra bizony főleg a szerkesztőknek kellett kiagyalniuk. Ők is derekasan helytálltak: végül az igen sajátos konstrukciójú és anyagösszeállítású, dörzselektromos géppel táplált szikraadó működött, és az *1940/2. számból* örömmel értesülhettünk a vállalkozás sikeréről: a fiúkat Byrd kapitány hajójára vették.

Azért néhányan küldtek be használható ötleteket, mert következő számban a 8 díjazott neve szerepel. A szerkesztő így fogalmaz: „*Azért kaptunk egy pár kicsillanó gondolatot, gondosan elkészített részletmegoldásokat, tervezeteket; ezekben tényleges érték fekszik.*"

3. Rövidhullámú szemle

A megcélzott olvasótábor: kifejezetten rövidhullámú adóengedéllyel rendelkező rádióamatőrök. A Magyar Rövidhullámú Amatőrök Országos Egyesületének lapja, az impresszuma szerint is rövidhullámú adó- és vevőtechnikával foglalkozó szaklap. Felelős szerkesztője Fehér Gyula (HA1G). Az 1938. évfolyam 1. számának (13. kép) általa írt beköszöntőjéből kiderül, hogy az RH amatőrlap az ő kezdeményezésére született meg. Az első, 1937. júniusi szám vitéz Hollós Lajosnak, a MRAOE elnökének beköszöntőjével indít?

A műszaki tartalom megfelel az akkoriban szokásosnak, persze kifejezetten RH készülékekre „kihegyezve" (különböző adók, vevők kapcsolási rajza és építési leírása, mérőműszerek, szignálgenerátor, oszcilloszkóp készítése, a Vibroplex gyorsbillentyű működése és méretezett összeállítási rajza, Philips elektroncső-adattáblázat, Telefunken higanygőz-egyenirányítók adattáblázata.) Egyszer azért az URH-tartományra is kitekintést nyerünk: egyszerű, 200 MHz-en üzemelő, 15,2 W kimenőteljesítményt produkáló, Lecher-vezetékes ellenütemű adófokozatot mutat be *Bibó Dénes* (HA4A). A vevőt is beígérte a cikk, de soha sem tették közzé. Érdekes a termokeresztek házi készítését és alkalmazását taglaló cikk, Fehér Gyula tollából.

A sorok közül kiolvasható, hogy a korszak rádióamatőrje viszonylag kevés gondot fordított a vevőkészüléke minőségére, az energiáit inkább az adókészüléke fejlesztésébe fektette! (Tény, hogy akkortájt nemigen voltak zsúfoltak a rádióamatőr sávok, és emiatt sokáig megtette csupán egy 1–V–1-es vevő is.)

Elméleti műszaki témák: kezdőknek szóló elektrotechnikai alaptanfolyam (sorozat), magasabb színvonalú elméleti cikkek (csövekről, méréstechnikáról, szupervevők egyes fokozatainak működéséről, HF erősítésről, rezgőkörökről, csatolt körökről, modulációról, antennákról, tápvezetékekről, hullámterjedésről, árnyékolásról, billentyűzésről, kvarcról és kristályoszcillátorról).

Előfordulnak ismeretterjesztő írások is, pl. *A rövidhullámok a biológiában és a gyógyításban*. Szerzője *Dr. Rósa László* főorvos. Ez egyike azon ritka írásoknak, amelyeknél a szerző nevét is feltüntetik. Sokszor csak amatőr hívójel szerepel a cikk aláírásában. (A szerzőjük az *1938. évf. 71. oldalán* található hívójel-táblázatból azért azonosítható.)

Az 1937. augusztusi szám természetesen megemlékezik *Marconi* haláláról. Elhunyt amatőrtársakról szóló

gyászkeretes megemlékezéseket is találunk a hasábokon.

A lap természeténél fogva megtalálhatók benne a „mozgalmi" cikkek: rádióklubok, amatőrállomások, amatőrlaboratóriumok bemutatása, versenyek értékelése, tudósítás közgyűlésekről, riportok, hivatalos közlemények stb. Egyéb szokásos rádióamatőr tudnivalók is szerepelnek a hasábokon: pl. nemzetközi hívójelek táblázata, a morzetanulás módszertana, RST-skála, Q-kódex, forgalmi rövidítések, amatőrsávok frekvencia-/hullámhossz-tartománya, WAC Diplomák jegyzéke, a DX Century Club tagjainak hívójel-listája, a magyar kristályvezérelt amatőradók listája.

Az *Amatőr adók, mint broadcast zavarforrások* (1937. júl.) cikk bevezetőjében olvashatjuk, hogy a Postaigazgatóság kivételesen engedélyezte az amatőradók üzembe helyezését, Budapest adásideje alatt is, néhány, régi, műszakilag felkészült amatőrnek.

Főleg a borítókon, de kisebb terjedelemben a belíveken is szerepelnek a szokásos, a többi rádiótechnikai lapból már ismerős hirdetések.

Az olvasókkal való kapcsolattartás fóruma a *Szerkesztői üzenetek* rovat. Fejtörő, rejtvény nincs, viszont nem hiányzik az apróhirdetés-jellegű rovat, *FIGYELEM: csere-bere!* címmel. (Igaz, igen ritkán szerepel.)

Az *1938. júniusi/júliusi,* vélhetően utolsó *szám 100. oldalán* egy rádióamatőröknek címzett kérdőívet találunk, amit kitöltés és aláírás után mindenki a SAJÁT ÉRDEKÉBEN, SÜRGŐSEN szíveskedjen beküldeni a MRAOE titkárságának! Ugyanebben a számban különböző retorziókat helyeznek kilátásba az „igen nagy számú" tagdíjhátralékosoknak (pl. nem kaphat QSL lapot, sőt, a lap következő számát sem kaphatja meg.) Az a gyanúm, hogy azt már senki nem kaphatta meg...

Az *utolsó füzet 98. oldalán* találtam ezt a humoros felhívást: *„HA3I kéri azt az adóállomást, aki hívójelével dolgozik, hogy a délamerikai kontinenssel sürgősen csinálja meg végre a QSO-ját, mert a W. A. C. diplomához már csupán ez a kontinens hiányzik, a többi öt világrészről már a QSL-lapok is befutottak. Lengyel OM pedig immár második esztendeje elfoglaltsága miatt, nem ér rá az adóját összeállítani."*

A Rövidhullámú Szemle című lap mindösszesen 10 füzetét a KANYI számára feldolgoztam, amiből 87 adatrekord született.

14. kép

4. Villám

A Rádió Technikát is 1944 májusában tiltotta be a sajtóbiztos, de már márciusban megjelent a *Villám* című, később előszeretettel „fasiszta rádiótechnika"-ként aposztrofált sajtóorgánum. A szerkesztését az akkor közismert rádiókereskedő és szakíró, *Horváth István* vállalta, aki a kiadásért is felelős volt. A lap a címlapján *„A hiradó leventék és a M.R.A.O.E. hivatalos lapja"* gyanánt deklarálja magát, és havi két alkalommal történő megjelenést ígér. Így is történt, ám a sorrendben 14. száma 1944. október 1-jén utolsóként látott napvilágot. A Villám a maga idejében nem került kereskedelmi forgalomba, nem is volt előfizethető, csak a MRAOE tagok, katonai alakulatok, levente híradócsoportok kapták meg, díjmentesen. A puritán címlapokon nincs is vételár feltüntetve (**14. kép**).

Már az első szám tartalomjegyzékéből és vezércikkéből – a tartalomjegyzékben két magas rangú katonatiszt neve is olvasható, a vezércikket az egyikük írta – nyilvánvaló, hogy a Villámnak erős kötődése volt ahhoz a Honvédelmi Minisztériumhoz, amelyiknek vélhetően döntő szerep jutott pl. a Rádió Technika betiltásában.

Idézünk az első, *Utravaló* című vezércikkből: *„Ellenszolgáltatás nélkül kapja minden híradólevente – de mégsem ajándék. A mai sorsdöntő idők komoly ifjúságának kezébe szántuk azzal a kötelezettséggel, hogy szolgálja meg azt. A nemzet lélekben, tudásban gazdag, – gyakorlatilag képzett és feladatokat bátran vállaló új magyar technikusnemzedéket kér érte cserébe..."*

Álljon itt a lappal kapcsolatos néhány érdekesség. A *Rádió Technika 1944/4. számának 89. oldalán* egy kis hír köszönti a nemrég megjelent új folyóiratot: *„Régóta hiányzott a katonai híradókiképzést szolgáló folyóirat. Ezen a hiányon segített most a Honvédelmi Minisztérium, amikor Villám címen kéthetenként megjelenő lapot indított... ...Örömmel üdvözöljük az új lapot mi is, és eredményes munkát kívánunk neki, hogy minél szélesebb körben tudja a rádiókultúrát az őstalajon elindítani."* Persze lehet, hogy a kötelező udvariasságtól indíttatva íródtak a fentiek, mit sem sejtve arról, ami kisvártatva a Rádió Technikára is várt...

A háború után feléledő Rádió Technika *„Ujra elindultunk"*c., egészen más hangvételű vezércikkéből idézünk: *„Helyettünk megalapították a „Villám" c. tákolmányt (akadt hozzá „szerkesztő is"). Láttuk, hogy hova vitték az országot."* (Molnár János).

A *lap 1948/5. számában* rúgtak még egyet a megszűnt Villámba, pontosabban a főszerkesztőjébe. Egy rövidke írás olvasói levél formájában, *H. Béla R.* aláírással felrója Horváth Istvánnak például a remek életkörülményeit, gestapos ismeretségi körét.

A tartalomról, röviden

Végigtanulmányozva a Villám vezércikkeit és mozgalmi cikkeit, nem tűnik olyan igazi, „véresszájú fasiszta" lapnak, amilyennek többen igyekeztek később beállítani, bár kétség kívül itt-ott előfordult benne néhány, az ideológiától indíttatva fogant, nyilván kötelező jellegű mondat. Az ifjúságnak és a szakoktatóknak szóló, zömmel rádióforgalmi és elektrotechnikai alapismereteken (utóbbi számára jelentős terjedelmet biztosítottak, didaktikus „leventemunkák" keretében bemutatott kísérlek leírásaival is), egyszerű, könnyen megépíthető készülékeket közöltek. Voltak ismeretterjesztő cikkek, hullámterjedésről szóló rövid írások, foglalkoztak az URH-technikával. Ezzel kapcsolatos gyakorlati cikk is volt: többek között leközöltek egy 75 cm-es Lecher-körös vevőt, majd egy adót E1C makkcsővel.

Egy magasabb színvonalú készüléktervezési sorozatot is közzé tettek,

melynek szerzője Flórián Endre volt, aki publikált többek között a Rádió Technikában, a Rádióvilágban, később a Rádiótechnikában, a Rádiótechnika Évkönyveiben és az Ezermesterben is. A nem túlságosan széles szerzői palettán megtaláljuk *Sztrókay Kálmán* nevét, aki az atomfizikát mutatta be egy népszerű ismeretterjesztő sorozat keretében és voltak alapismereteket közlő cikkei is. A *lap 11. számában* szerepel az általa konstruált asztatikus galvanométer részletes leírása, ami a *Rádiótechnika 1951/2. számában* is visszaköszön.

Sztrókay Kálmánról célszerű megemlítenünk, hogy ezen a néven két tudós ember tevékenykedett és publikált akkoriban. Az egyik Sztrókay Kálmán, eredeti nevén *Sztrókay Kálmán Imre* (1907–1992) mineralógus, természettudományi író, a föld- és ásványtani tudományok doktora, a meteoritok szakértője, egyetemi tanár; az *Irodalom és Tudomány* szerkesztője. A másik, akiről most szó van, 1886 és 1956 között élt. Matematika-fizika szakos tanári oklevelet szerzett Budapesten. Egy ideig a Földrengési Intézetben és a kiskartali csillagvizsgálónál dolgozott. Széles körű, tudományt népszerűsítő működést fejtett ki. (Adatok a *Wikipédiából*). A kezdőket az elektrotechnikába bevezető, 31 oldalas írása olvasható a Horváth István szerkesztette *Radio Compass* 1943-as kötetében, *Az elektrotechnika fizikai alapjai* címmel.

Számos, a tudományt a fiatalok körében népszerűsítő kötete jelent meg. Különösen kedvelte az elektrotechnikát: két, akkoriban nagy sikert aratott, többször, a *Kis Technikus Könyvtár* sorozat keretében is kiadott, témánkba vágó kötete a *100 kísérlet*, majd a *Még száz kísérlet* volt. (A KT sorozatban *Száz elektrotechnika Kísérlet* és *Még száz elektrotechnikai kísérlet* címmel jelentek meg, *Bori István* átdolgozásában). Hasonló hangvételű további kötetei: *Kísérletezőkönyv*, *Kémiai kísérletek*, *A kezdő kémikus kísérletei*, *Első vegyelemzési kísérletek*. Ezek, és számos más publikációi alapján a természettudományos ismeretterjesztés terén Sztrókayt akár a hírneves *Öveges Józsefet* elődjének is tekinthetjük.

A lapban *Váraljai Vilmos* vezetékes híradással (telefon, telex) kapcsolatos cikksorozatát is olvashatjuk. A szerző publikált a Rádió Technikában, a Rádióvilágban és a Rádió és film Technikában is.

A Villámnak matematikai témájú sorozata is volt, *Rátkay György* gondozásában. Nem ölelte fel a tudományág olyan széles területét, mint a Rádió Technika hasonló sorozata. Ez a sorozatcímben is megnyilvánul: „Logaritmus – logarléc", de jól érthető és hasznosítható formában ismerteti a témakört.

A fenti szerzőkön kívül néhány katonatiszt vegyes színvonalú szakcikkeivel találkozhatunk.

A méretezéseket megkönnyítő adattáblázatok, nomogramok, számolóábrák is (az egyik részletes szerkesztési útmutatóval) megtalálhatók a lap hasábjain.

A technikatörténettel foglalkozók körében sokáig gyakori polémiára adott okot a rádió feltalálójának kiléte, erről minden rádiós lapban szó esett, külföldön is. A hazai szaklapokban a szerzők általában Marconi vagy Popov mellett tették le a voksot, többnyire a politikai széljárás aktuális iránya szerint. A Villám a *4. szám* vezércikkét e témának szenteli, *„Amit a rádióról mindenkinek tudnia kell!"* címmel. A bevezetőben többek között ezt írja: *„A rádiót nem egy ember találta fel. Sok zseniális tudós sokszor évekig tartott és sokszor egészen más célú munkálkodásának testesíti meg olyan részletmegoldások szellemes egyesítésével, amelyeket egy hadseregnyi névtelen munkatárs kutatásszomja hozott létre."* Gondolom, hogy ezzel ma is egyetérthetünk. A cikk aztán röviden, néhány szó kíséretében kitér Hertz, Franklin, Volta, Rumkorff, Jedlik, Tesla, Marconi, Arco gróf, Popov (még Popoff-nak írja), Norden, Lieben, Lee de Forest, Maxwell, Poulsen munkásságára. A témára visszatér a *16. oldalon „A rádió fejlődésének mérföldkövei"* c. cikkben, melyben időrendi sorrendbe állítja a történéseket, 1888-tól 1935-ig, teret engedvén a magyarországi eseményeknek is.

A *3.* (március 15-én megjelent) számban köszöntik a M.R.A.O.E.-t. Ugyanott cikkeznek a rövidhullámú amatőrizmus történetéről, a *4.* (május elsejei) számban pedig közzé teszik az adástilalom alatt nem álló adóamatőrök névsorát, a hívójel, név és lakótelepülés feltüntetésével (184 amatőr).

A lap jellegéből, kiadójából következően az olvasókkal való közvetlen kapcsolattartást nem preferálták, és fejtörőt, rejtvényt sem találunk a megjelent 14 lapszámban.

5. Rádióvilág

„A történelem legnagyobb zivatara elzúgott felettünk" írja *Makai István* 1946 februárjában meginduló új lapja, a *Rádióvilág* bevezető cikkében. Az első, a későbbieknél kisebb alakú és mindössze 16 oldalnyi terjedelmű füzete a januári/februári összevont szám. Szintén összevonták a 6. és a 7. havit, így ez az évfolyam 10 lapszámból áll. Az 1947-es évfolyam is teljes (11 füzet alkotja, mert az évben a 7. és a 8. havit vonták össze), de az 1948-as évfolyam már csak augusztusig, a Rádió Technikánál említett egyesülés előtti utolsó számig tart. A szerző(ke)t nagyon sokszor itt sem tüntették fel. Az 1947. szeptemberi címlap a **15. képen** látható.

A főszerkesztő

Makai hihetetlenül termékeny, sokoldalú szerző és készüléképítő volt, ez természetesen a saját lapjában kifejtett szerzői tevékenységéből is kiviláglik. Alig múlt el hónap úgy, hogy valamelyik szaklap ne tette volna közzé egy-egy művét, részletesen megírt, fotóval illusztrált cikk keretében. És ezek többnyire nem egyszerű kis áramkörök voltak, hanem komoly szupervevők (kétszertranszponált is), vagy legalább is valamilyen különleges tulajdonsággal bíró audionok, kofferrádiók, URH-előtét, fénysorompó, hangfrekvenciás erősítők és erősítőrendszerek, amatőr hangstúdió, fémkereső, tapskapcsoló, dallamkürt, anódpótlók, érintőszenzor, fűthető mellény, függőleges tengelyű szélmotor (!) és ki tudja, még mi minden! Amikor eljött az ideje, tranzisztoros rádiókkal és más áramkörökkel is bőven foglalkozott.

Nem maradhattak le a palettájáról a legkülönfélébb mérőműszerek, jelgenerátorok sem. Nem csak az elektronikában, hanem a finommechanikai konstrukcióban, szerkezetkészítésben is komoly rutinja volt. Készített magnót, kétkorongos lemezvágó/lemezjátszó berendezést. (Ezt aztán „zeneszekrénybe" építette be, majd a komplett készüléket is ismertette.) Számtalan, általa kipróbált és javasolt munkafogás leírására is rábukkanhatunk a lapok hasábjain. Mindezt műszakilag korrekten, de élvezetes stílusban tudta közzé tenni.

Nem kevés, a témába vágó könyvet is írt, amik nagy részét magánkiadás-

15. kép

ban jelentette meg. (A többségüket ismerem, olvastam. A 15 tételes könyvlistát tartalmazó táblázatot nem iktatom ide, mert *dr. Simoncsics László: „Rádiós" szerzők és munkáik* című, ezen évkönyvben olvasható írásában szerepel.) És ezeken felül elindította, majd szerkesztette a Rádióvilágot! Az „újkori" *Rádiótechnika* cikkírói közül talán *dr. Hetényi László* közölt hasonló mennyiségű saját építésű készüléket, műszert.

A Rádióvilág tematikája hasonló a Rádió Technikáéhoz: kezdőknek szóló elektrotechnikai/rádiótechnikai tanfolyam, vevőkészülékek és más kisebb-nagyobb eszközök építése. Újdonság a gyári készülékek kapcsolási rajzának közlése. Konkrétan az OMEGA gyár rádiókészülékeié találhatók meg a hátsó borítókon. (Fizetett hirdetés keretében?) Ugyanitt táblázatokat, elektrotechnikai képleteket helyeztek el, pl. Magyari Béla szerkesztésében.

A háború után nagy alkatrészínség mutatkozott, ám voltak olyan, a háborús készletekből hátramaradt eszközök, amelyek szinte számolatlanul álltak az amatőrök rendelkezésre. Ilyenek voltak a német katonai elektroncsövek, közülük is a legismertebb az RV12P2000. Ezt a különleges fejelésű, kis méretű, változó meredekségű univerzális pentódát egy kis teljesítményű vevőkészülék mindegyik fokozatában lehetett használni, beleértve az anódfeszültség-egyenirányítót is. A *lap 1946/3. számában* Makai indított is egy sorozatot *„Kapcsolások RV12P2000 csövekkel"* címmel. Egy hátsó borítón elhelyezték a cső adattáblázatát, bekötési rajzát, a mért karakterisztikáját egy külön cikkben tették közzé. Végül tíznél több kapcsolást szerepeltettek a cikksorozatban ezzel a csővel.

A fenti csőtípus volt megtalálható talán a legnagyobb számban, de azért jó pár társa is hozzáférhető volt, némelyik amatőrkonstrukcióban szerepel is egyikük-másikuk. Ezért tette közzé a lap a német katonai csövek (4 régi és 13 új típus) színjelölését. Később az amerikai csövek betű/szám kombinációs jelölésrendszerével is megismerkedhetünk.

Visszaköszön a „kurblis" rádió, ezúttal telefoninduktorral vagy 2 db áttekercselt kerékpár-generátorral, szelén egyenirányítókkal; az *M. I.* aláírású szerző is bizonyára Makai István. Ugyanő bemutatja a szelektív erősítős, relés kimenetű hangkapcsolóját, máshol a „szupertekercsek" méretezését ismerteti (ez a *Rádió és film Technikában* folytatódik). Bemutat egy kombinált szervizműszert (szignál-/HF-generátor +csővoltmérő+erősítő+anódpótló+ mestertrafó), számos, a szuperkészülékekkel kapcsolatos problémáról szóló cikket tesz közzé, behangolásukkal külön is foglalkozik. Ír egyik kedvenc témájáról, az amatőr hanglemezvágásról, bemutat egy mágneses zavarokat kiküszöbölő kettős mikrofontrafót. Ismertet egy különleges kapcsolástechnikájú pH-mérőt, leírja a kétszeres transzponálás előnyeit, és közzé tesz egy ilyen felépítésű RH sávvevőt is. Ezen kívül számos rádióvevőt, különböző elő- és végerősítőt, fotocella-erősítőt stb. közöl. Sok cikke jelent meg szerviztémában, vezércikkben foglalkozik a gyári műsorvevők visszatérő konstrukciós hiányosságaival.

Makai nemcsak a szűken vett műszaki témákban publikált. Az egyik vezércikkében több gyakorlati oktatást követel az iskolákban, egy másikban minden lakásba olcsó rádióra tesz javaslatot, több alkalommal szól a zenei rádióműsor szerinte nem éppen optimális összetételéről, beszél az atomkorszak áldásairól és átkairól. Egy másik filozofikus hangvételű vezércikke az *„Ember, technika, világ"*. A *'46/4. szám* vezércikkében egy mára még aktuálisabbnak tűnő kérdést vet fel: van-e szükség rádióamatőrizmusra? A gyárakkal ugyanis már akkor nem tudott egy átlagos amatőr versenyezni, mégis levonja a következtetést: az önképzés miatt nagyon fontos ez a tevékenység!

Hozzáteszem, hogy manapság, amikor a honi médiában naponta szajkózzák a természettudományos érdeklődés felkeltését a fiatalokban, mert a mérnök- és technikushiány, a természettudományos tárgyakat oktató szaktanárok hiánya kezd a technika és az ipar további fejlődésének gátjává válni, állami szinten, egyelőre, nem sokat tesznek érte...

Az előbbi témához kapcsolódik a *„Hogyan kezdjem el"* c. vezércikke: a rádiótechnikával most megismerkedni kívánóknak ad tanácsokat a kezdeti lépésekhez, a gyakorlat fontosságát is hangsúlyozva.

Elméleti cikkek

Magas színvonalú elméleti cikkeket is találunk a lapban Magyari Endrétől: pl. a Néper, a Bel és a deciBel értelmezéséről, cikksorozatot a tápvonalakról, *„A rajzszámolás"* cikke a grafikus számításokról (amit aztán kitűnően demonstrál a *„Terhelt nagyfrekvenciás tápvezeték"* cikke), egy továbbit az antennákról, de cikkezett az állóhullámokról, részletes hálózati trafó-méretezést is közzé tett, adattáblázatokkal dúsítva.

Sárkány Tamás a még mindig újdonságot jelentő frekvenciamodulációról ír, amerikai szakkönyvet használva forrásmunkául. Röviden bemutat néhány, az FM-hez szükséges adó- és a vevőoldali speciális áramkört.

Érdekességek

A cikkek között tallózva sok egyéb érdekességre lelhetünk a *„Folyóiratszemle"* (vezeti: Kiss Tivadar) rovatban. Szó van például egy holland sztereofónikus adáskísérletről két középhullámú adóval, egy háromcsöves külföldi hallókészülékről (kapcs. rajz+fotó). Ha nem is zsebrádiót, de kétcsöves telepes törperádió, ill. egy kibelezett könyvbe rejtett, egycsöves (kombinált csöves) készülék kapcsolási rajzát, fotóját is bemutatja. Beszámol két szokatlan formatervű rádiókészülékről, fotókkal illusztrálva. Máshol a szubminiatür amerikai csövekről ír, a mellékelt fotón egy, a korai tranzisztoros rádiókéhoz hasonló méretű és dizájnú csöves rádió látható.

A törpecsövekre aztán visszatérnek, egy újabb, fotókkal illusztrált hír keretében, megemlítve, hogy a Tungsram is tervezi ilyenek gyártását.

Bemutatták a Westinghouse égisze alatt kísérletező *Norman Beess* fénytelefonját is röviden, fotók kíséretében.

A legtöbb „kis színest" a többi írás között elszórva tördelték be. Az *1948/7. számban* e helyett *„Ezt hallottuk"* rovat indult. A kis hírek korábban főleg az USA-ból, Angliából és más nyugati országokból származtak. Ahogy a hónapok múlnak, egyre gyakoribbak a Szovjetunióról szóló rövid tudósítások.

Fotóval illusztrált kis hír által értesülhetünk a hallókészülék terén nagy tapasztalatot szerzett Sentinel gyártotta mellényzseb-rádióról, ami állítólag a világ akkori legkisebb rádiókészüléke.

Akkoriban nyilván meglepő újdonság erejével hathatott az a fotókkal megspékelt híradás, amely egy angol, automata gépsorral felszerelt rádiógyárról számol be. Itt nyomtatott áramkörös rádiókat gyártanak, állítólag húsz másodpercenként egyet. A nyákokon az ellenállásokat, tekercseket és a kondenzátorokat is kialakították. Azt azonban a cikk szerkesztője is megjegyzi, hogy a vázolt személyi feltételek mellett aligha bocsáthat ki az üzem húsz másodpercenként egy-egy komplett készüléket...

Alkatrészek, műszerek házi készítése

Berczik László piezojelenségekkel foglalkozik, majd az azon alapuló eszközök (mikrofon, hangszedő, hallgató, hangszóró) házi készítését taglalja egy sorozatában; a Seignette-kristályt is otthoni körülmények között növeszti (hasonló a Rádió Technikában is megjelent akkoriban, de Zerinváry Endre csak mikrofont készített a házi piezokristállyal). Berczik később kvarcoszcillátorral, kristályszűrőkkel is foglalkozik a lapban.

László Tihamér – immár egyetemi tanársegéd – otthon volt a precíziós mérés- és műszertechnikában, és az amatőrhasználatra szánt szokásos mérőhidakhoz képest igen precíz, lineáris skálájú RC-mérőhidat mutatott be. Ír DC/DC konverterről, feszültségtöbbszörözőkről, csöves feszültségstabilizátorokról, közzé tesz egy kombinált „Servicemétert".

Szintén szervizműszer a Standard gyár műszerészének, *Fürge Györgynek* a ködfénylámpás csővizsgálója.

Dr. Damokos Tamás okl. vegyészmérnök, egyetemi tanársegéd is újdonságokkal örvendezteti meg az amatőröket: ismerteti a katódsugárcsöves mérések (azaz az oszcilloszkópia) alapjait. Ezen kívül különböző, akkor nagyon modernnek számító anyagvizsgálati módszereket mutat be, vázlatosan. Leírja, hogyan lehet egy normál trióda rácsáramának kompenzálásával pH-mérő jelkondicionálót építeni, kiváltva a drága és nehezen beszerezhető elektrométer-csövet. Közölte az RV12P2000 saját mérései alapján megrajzolt karakterisztikáit. Szól az elkók tulajdonságairól, a jellemzőinek méréséről, és közöl is egy egyszerű, három jellemző mérésére is alkalmas készüléket. Rövid hír keretében megemlíti az újdonságnak számító grafitanódos adócsöveket, ismeretterjesztő cikkecskében beszél az Autoscaler nevű GM-csöves radioktív részecskeszámláló műszerekről.

Bármilyen meglepő, elektrolitkondenzátorok házi készítéséről is íródott cikk (*'47/11.*, a szerző *Csák Ervin*)! Ugyanő részletesen értekezik a fotocellákról, más alkalommal megemlékezik Gustav Robert Kirchhoffról, majd Luigi Galvaniról.

A lap hasábjain találkozhatunk az ionkamrás és a GM-csöves radioaktív sugárzásmérő rövid, ismeretterjesztő leírásával, kapcsolási vázlatokkal tarkítva.

Érdekességek, hangrögzítő újdonságok, korszerű alkatrészek, munkafogások

Még alig voltak erre kifejezetten kényes félvezető eszközök, mégis, más területeken sok problémát okozott a sztatikus elektromosság. *„A dörzsölési elektromosság káros hatásai"* c. kétrészes cikk konkrét eseteket mutat be, majd ismerteti a károk megelőzésének módszereit.

Nyilván a nemrég befejeződött háború ihlette a *„Van-e védelem az atombomba ellen?"* ma is aktuális megállapításokat tartalmazó írását (*Münnich Antal*). Egy másik, ugyanezen szerző váteszi tehetségéről tanúbizonyságot tevő ismeretterjesztő írást is lehoztak *„Elektronika és űrhajózás"* címmel. A V2-ből kiindulva figyelemre méltó megállapításokat tesz az – akkor még – jövőbeli űrhajózásról. Máshol a Telefonográfot, a svájci gyártmányú, üzeneteket mágneses korongra felvevő telefonüzenet-rögzítőt mutatja be röviden, fotókkal illusztrálva.

Egy másik kis hír kombinált – huzalos magnó/gramofon – hangrögzítőről számol be.

A repülőgépek rádiónavigációjáról ír ismeretterjesztő cikket Flórián Endre. Ugyanő mutatja be a katódsugárcsöves rádiónavigációt is, tömbvázlatszinten, majd a „modern ZZ"-vel (egy ősi repülőnavigációs módszer rádióadóvevőkkel segített változatával) is megismerteti az érdeklődőt.

A Rádióvilág is számos újdonságot mutat be rövid, ismeretterjesztő stílusban, pl. fotóval illusztrálták a szalagos magnetofonról szóló tudósítást. Többször cikkeztek különböző kiállításokról: a londoni rádiótechnikai kiállításról, a közlekedési kiállításról és az őszi vásárról is. Zelenka egy amerikai 6 csöves szupervevőkit összeállítása során szerzett pozitív tapasztalatairól ír, szuperlatívuszokban.

Időnként korszerű alkatrészekről, anyagokról is beszámol a lap, például a Carbonyl porvasak alkalmazásáról. *Dobos Dezső* okl. vegyészmérnök áttekintést nyújt a rádiótechnikában elterjedt műanyagokról, bemutatva azok alapanyagait, tulajdonságait, felhasználási területét. A gramofontűk kikerülhetetlen témaköre is előelőkerül, néha fotókkal illusztrálva.

Munkafogásokat is ismertettek: kondenzátor zsilettpengékből, fémek kémiai ezüstözése, kapcsolók érintkezőfelületeinek tisztítása stb.

Rádióamatőröket érintő írások, közlemények

Természetesen bőven találunk megfigyelő- és adóamatőröknek szóló írásokat, főleg 1947-től kezdve; a *2. számban* indul *„Dr. Heaviside"* HA53RS *CQ* rovata, a rövidítés magyarázatával. A rádióamatőrök számára talán a legfontosabb hír a *'48/2. szám e rovatában* jelent meg. Itt aláírták a szerző nevét is –, de rosszul: Radnay helyett Radnai olvasható – íme, a felhívása a „QSO-ért epekedő" amatőrtársaihoz: végre beadhatók a kérvények az adóengedélyek iránt! Addig is megfigyelő versenyt szerveztek, később az eredményét is közölték. A *'48/4. szám* CQ rovatában számol be a Magyar Rövidhullámú Rádióamatőrök Egyesülete alakuló

közgyűléséről. A lapszám vezércikkének is az M. R. R. E. a témája.

A CQ rovatban nem csupán amatőrélettel, forgalmazással kapcsolatos híreket, tudnivalókat, hanem hullámterjedéssel foglalkozó, ill. műszaki tartalmakat is olvashatunk: a rövidhullámok terjedési viszonyai; 4 sávos 0-V-1-es audion; a sávnyújtás számítása kapacitív hangolásnál; feszültségstabilizálás ködfénylámpával, ill. spec., többkimenetű gáztöltésű csővel; oszcillátor-alapismeretek, típusaik, szerelési tanácsok; 5 sávos 1-V-1, ECO audionnal, sávváltás az adóvégfokban; a visszaverődések grafikus ábrázolása az ionoszférában, RH DX-eknél; Clapp oszcillátor; triódás áteresztő tápegység.

Ugyancsak a rádióamatőröknek szól a „*Tudósítás az amatőr sávokról*" és „*Rövidhullámú üzenetek*" rovat.

Vegyes témák, fejtörők

Az olvasókkal való kapcsolattartás fóruma az „*Üzenetek – tanácsok*" rovat, amelyben konkrét, szakmai válaszok jelennek meg, olvasók segítségkérő leveleire.

Apróhirdetéseket is közzé tettek, az „*Amatőrök egymás között*" című, nem túlságosan terjedelmes rovatban.

Érdekes színfoltként az utolsó évfolyam havonta helyt ad a rádióműsorok bírálatára, „*a 13. sz. fejhallgató*" álnév mögött rejtőző szerzőnek. Az internet segítségével sikerült kibogarásznom, hogy a valódi neve *Moly Tamás* volt, a rendszeres műsorkritika vele indul meg, már a Rádió Újságban. Némileg kapcsolatos ezzel a témával Rádióvilág legelső számában napvilágot látott „*Mit hallunk a rádióból*", a „*Mit hallunk az éterben*" és a „*Látogatás a stúdióban*" írás.

A lap szakkönyvajánlójáról se feledkezzünk meg: „*Könyvszemle*" címen futott.

A Rádióvilágban is van fejtörő rovat, eleinte mindig az adott kérdés témáját megjelölő címmel. Elsőként az *1946/12. számban* jelenik meg, mint „*Karácsonyi pályázat*". E feladványoknak is gyakori szereplője egy képzett, gyakorlott szakember, ezúttal *Tekercsffy úr*. A megfejtéseket és a nyertesek listáját több alkalommal külön oldalon közlik. A feladványokat néha – a megfejtések eredménytelensége miatt – könnyítések hozzáfűzésével meg kellett ismételni. A „*Pályázat*" cím csak a *'48/2. számtól* kezdve szerepel. Ugyanebben a számban bukkan fel először az egyszerű kis „*Rádiós keresztrejtvény*".

A *'48/4. szám* áprilisi tréfával örvendezteti meg az olvasót: a *rádiópszihőrlátorral*, a spiritismus kigúnyolására. Persze Tekercsffy úr átlát a szitán, de nem árulja el a megoldást: az olvasóktól várja azt. A mesterséges *teplincét* feltaláló japán kutató is ide tartozik. (Ezt a szót nem ismertem, bár derengett valami. Utána néztem a Magyar nyelv értelmező szótárában is, a neten is. Az utóbbiban egy kabarészámmal kapcsolatban akadtam csak rá a kifejezésre. Hát persze, olvastam valaha: Karinthy!)

A Pályázat kérdései gyakran furmányos szervizesetekre vonatkoznak, de pályázaton kívül olvasók által beküldött szervizeseteket is közzé tesznek: „*Hogyan küszöböltem ki a hibát?*" címmel.

Az utolsó szám vezércikkében a főszerkesztő szól arról, hogy lapja a Rádió Technika letiltásának időszakában szaklapként másfél évig egyedül szolgálta a rádiózás ügyét, majd az erők egyesítésének hangsúlyozásával elbúcsúzik az olvasótól: „*Szeptember elejétől a Rádióvilág és (a) Rádió Technika új, egyesített címen, egy lapként jelenik meg, közös szerkesztésben és további bizalmat remélve kopogtat mindkét előfizetőtábor ajtaján.*" (További részletek e lap tartalmáról is a KANYI-ból lehet megtudni. A Rádióvilágra 419 bejegyzés hivatkozik.)

6. Feléled a Rádió Technika

1947 májusában Molnár János főszerkesztővel és *Wágner Walter* szerkesztésében ismét megjelenik a Rádió Technika, a korábbiakhoz hasonló címlappal. A már idézett „*Újra elindultunk*" című vezércikkében Molnár így fogalmaz: „*...Ezerkilencszáznegyvennégy májusában egy esztelen ember esztelen intézkedése torkunkra forrasztotta a szót: Kolosvári-Borcsa „sajtóbiztos" betiltotta a Rádió Technikát... Az R. T. szerkesztő gárdája szétszéledt és soraiból bizony jó néhányan eltűntek, meghaltak. ... ... A romok, a szemét eltakarítása és lelkünk összeszedése után – sokat vesztettünk – most már újra neki a munkának!...*". A főszerkesztővel kapcsolatban érdemes tudnunk, hogy ezen a néven két szerző munkálkodott a rádiós szakirodalom terén úgy, hogy még a szakírói stílusuk is hasonló volt. Részletek a [4]-ből tudhatók meg. Ez szerint a Rádió Technika felelős szerkesztője Molnár János okl. gépészmérnök, nem pedig a Posta Kísérleti Állomáson dolgozó, szakíróként is tevékenykedő névrokona volt. (Zárójelben jegyzem meg, hogy Wágner Walter nevének helyes leírása kérdéses. A Rádió Technika impresszumában, mindenhol Wágner szerepel, míg az általa jegyzett cikkek elé következetesen Wagner került.)

Az említett személyi veszteségek súlyosak voltak, szinte minden számban találhatunk egy-egy megemlékezést.

Mondanivaló akad bőven: a háború alatt a rádióelektronika hatalmas fejlődésen ment át. A háborús években az információs csatornák eldugultak: a kutatási eredményekről csak homályos ismeretek jutottak el az olvasókhoz. Az alábbiakban néhány érdekesség következik, ismét csak szubjektív válogatás eredményeképpen.

A Magyar Posta az ún. népszuperre kiírt pályázatára Vörös Rezső az Echo-201V nevű, 3+1-es készülékével pályázott, amit részletesen ismertet, és persze forgalmazza is a teljes anyagkészletét, mint azt a mellékelt reklámból megtudjuk. A bevezetőben örömmel üdvözli, hogy a Posta végre ráébredt arra, hogy a probléma csak kisszuperrel oldható meg. Előzőleg egy 2+1-est is bemutatott, Echo-101V néven.

Zakariás Imre a „*Falu rádiója*" *című*, néhány hónappal későbbi cikkében másképp látja: megtervezte – az állítása szerint – a világ legkisebb fogyasztású, hálózati és telepes üzemre alkalmas, modul rendszerű kétcsöves audionját, a „BATT-AC"-t.

Több színvonalas elméleti cikkel is találkozhatunk pl. a visszacsatolásról, az impulzustechnikáról, a fázisfordító fokozatokról, a frekvenciamodulációról, egyenes karakterisztika visszacsatolás nélkül, negatív visszacsatolás grafikus szerkesztése, a HF-erősítők torzításai, a vivőhullámú telefon (több szerzőtől).

Egyszerű és hasznos fogások, tanácsok olvashatók az *Ötletek-fogások* rovatban.

Témaválogatás, címszavakban, időrendben

Szakcikkek

- 30_16 000 Hz-es átvitelű, „torzítás nélküli", végig ellenütemű erősítő RV12P2000 és 6L6 csövekkel *(Kádár Géza)*.
- „*Ezerforintos romos rádió szervisz-*

verseny" (47/1.), a „*Romkészülékek javítása*" rovattal összevonva. „Rádió-szervisz".
- Sérült műszerek javítása (Dolmán István, egy másik hasonló írás: Abaházi Richárd).
- A televízió technikája (sorozat; Abaházi Richárd).
- Hangrögzítés acéldróton (sorozat; Wagner Walter).
- Deciméteres hullámok a hírközlés szolgálatában (folytatásos).
- Sylvania kristálydiódák alkalmazása.
- Gyakorló URH adó Lecher-vezetékkel – a hadak útján igen sok értékes anyag (főleg ultra-anyag) került hozzánk – fogalmaz az ismeretlen szerző.
- Hangszórójavítás (Dolmán István).
- Modern fémkereső.
- Barátkozás a katódsugárcsővel (Palitz I. Jenő).
- Hanggenerátor méretezése és elkészítése (Malcsiner Ferenc).
- Echo-2000 zeneszekrény.
- Nagytávolságú távbeszélővonal, vonali erősítőpárokkal (Felsővályi János).
- 1.000.000.000 volt (sorozat; Wagner Walter).
- GDO.
- Vasmagos tekercsek méretezése.
- Kristályvez. modulált szignálgenerátor.
- A rádiótechnikai műszerek (sorozat; Wagner Walter).
- Meteorológiai rádiószonda (Flórián Endre).
- Univerzális csövizsgáló.
- 50 W-os gyakorló adó.
- Rádio-toto, a mindentudó telepes mérő-vevő (Szakács János).
- Tritet oszcillátor.
- Dinamikus mikrofon építése (Marót László).
- A szelén egyenirányítókról (Dunka Sándor; Malcsiner Ferenc).
- Vibrátoros áramátalakítók (sorozat; Barát Béla).
- Hogyan született Mafirt típusrádió?
- PANTOFON háromcsöves hallásjavító (Ádám József).
- A DMG hőlégmotoros áramfejlesztő adatai (Stirling-motor).
- Szupertekercsek méretezése, KF-körök (Makai István).
- Viszonylag sok hír a Szovjetunióból (átvett kapcsolási rajzok is).

Ismeretterjesztő és egyéb cikkek
- „Önálló ipar lesz a rádióipar", majd a 2. számban már beszámol az erről szóló első rendeletről, később néhány mestervizsgáról is.
- Mit fejlődött az elektrontudomány az elmúlt évek alatt? (sorozat).
- Rádiótechnikai tanfolyam, a folytatások végén kérdésekkel.
- *Kérdéseink* fejtörőrovat.
- A radar jelentősége az időjárás kutatásában (Flórián Endre).
- Titkok a rádióháborúból (sorozat).
- „CQ DX" Rövidhullámú éterriportok.
- A szilícium-korszak beharangozása.
- Atomerő – atombomba.
- Terjed a rádiótelefon (Kiss Tivadar).
- Indukciós edzés.
- Több részes angol-magyar szakszótár, a magyar kiejtés feltüntetésével.
- Az első üzemi adáspróbák Magyarországon FM-mel.
- Ionoszféra. Troposzféra (Flórián Endre).
- ENIAC (Nemes Tihamér) bistabil MV. A lövedék röppálya-pontjainak számítása gyorsabb, mint a lövedék!
- A Ewing-féle SOFAR, a vízben való telefonálás.
- A villanyáram bénító hatása (és további, balesetmegelőző cikkek).
- Elektromos agykutatás (EEG).
- Holdradar-kísérletek. Bay Zoltán kísérletei, összehasonlítás az amerikai kísérlettel (Pócza Jenő).
- Az AUTOPRON autótelefon bemutatkozása Budapesten (Wagner Walter).
- A neutrográfia (Haas András).
- Tudósítás a BNV-ről.
- Mikrohullámú sütő.
- *Simonyi Károly* szuper-nagyfeszültségű generátorának bemutatása. (Ismeretterjesztő; Wagner Walter).
- „*Beszélgetünk, tervezgetünk*" olvasók beküldött konkrét problémáira válaszol a szerk.
- Anyagszerkezet-kutatás „anyaghullámokkal" (Haas András).

Az utolsó, augusztusi szám vezércikkében Molnár is búcsúztatja a lapját: „*...Most az erők kívánatos egyesítése bekövetkezett: Szeptember elsejétől kezdve a Rádiótechnika* (sic!) *és a Rádió Világ egyesítve jelenik meg és ezzel megnyílik az út a magasabbfokú munkára.*"

Ellentétben a Rádióvilág búcsúztatójától, ebben a vezércikkben szó esik arról, hogy olyan új rovatok is indulnak, amelyek például a hangosfilm technikájával és a hozzá kapcsolódó erősítéstechnikával foglalkoznak, de a rövidhullámú amatőrizmus is új rovatot kap, az MRRE védőszárnyai alatt.

Az új lap címét ő sem említi meg; valószínűleg ebben ekkor még nem volt meg az egyezség a Rádióvilág főszerkesztőjével.

7. Rádió és film Technika

1948 augusztusa után a két újság egyesül: szeptemberben megszületik a *Rádió és film Technika* első száma (**16. kép**). A szerkesztőség és a kiadója által jegyzett vezércikkben szerepelnek a következő mondatok: „*...Mi megelégszünk azzal, hogy segédkezet nyújtunk a mi saját kedves külön világunkban, akár hivatásos szakmai vonalról van szó, akár egyszerű tudományszomjról. Mindössze azt szeretnők, ha ezt minél jobban tudnánk elvégezni. És ehhez csoportosítottuk erőinket is. Lapunkat Molnár János irányítja, akinek építő munkáját a magyar rádióirodalomban, szakmai nevelésben és ipari vonalon régóta ismerik mindenütt. Jelentős részét viszi Makai István, akit szintén nem kell bemutatni, de a Rádió Technika olvasói Wágner Waltert is megismerték már. ...*"

Különös, hogy lap új címe által sugallt témakör-bővülésről egy szót sem ejtenek. A korábbi folyóiratokból kiderül, hogy az optikusok sokáig jogosultak voltak rádiókészülékek javítására is. Már a „sokcímű lapnál" tapasztalhattuk, hogy a múlt század húszas éveitől a rádiótechnika, valamint a fotó- és filmtechnika több szálon kötődött egymáshoz. (Mind a két technika a korra jellemző modern és otthon is üzhető, korszerű hobbi volt.) Nem véletlen tehát, hogy az új lap címe az lett, ami.

A vezércikkekben többnyire a politikai rendszer erőteljes hatása, sőt nyilván nyomása érződik.

Mi először a fotó- és filmtechnikai témákat ragadjuk ki, a többi gyakorlatilag azonos az elődlapokéval. Ez előtt azonban feltétlenül szólnunk kell egy nagyon fontos, az egész világot alapvetően megváltoztató témáról.

Létezik a tömör elektroncső!

Az *első szám 27. oldalán* ezzel a híradással találkozhat az érdeklődő: a Bell telefonlaboratórium megvalósította a rádiómérnökök régi vágyálmát, a „tömör elektroncsövet", amit Bellék *tranzisztornak* kereszteltek. (Ennek szabalmi bejelentése 1948 júniusában történt.) A rövidke írás egy gombostűfej-méretű germániumkristályt említ, amit hajszálvékony drót érint, ez felel

16. kép

meg az elektroncső rácsának. A Bell egy, ezen az eszközön alapuló rádiót is bemutatott. Hozzáteszik, hogy ez a készülék kereskedelmi forgalomba nem került, és az új eszközt először nem is rádiókban, hanem telefonáramkörökben fogják használni.

Igaz, hogy a Texas Instruments és az I.D.E.A. együttműködésének eredményeképpen később megszületett *Regency TR-1* típusú, a világ első kereskedelmi forgalomba hozott tranzisztoros rádiója csak 1954-től volt megvásárolható. Ez szuperheterodin rendszerű zsebrádió volt, és 4 db tűstranzisztort tartalmazott. A kis dinamikus hangszórót egyetlen, „A"-osztályú beállításban üzemelő tranzisztor hajtotta meg, kimenőtrafós illesztéssel. (Kapott is böven bírálatot a kis kimenőteljesítménye, csekély hangereje miatt.) Az áramkörök táplálására egy 22,5 V-os, 412-es típusszámú telep szolgált. A 76×127×32 mm-es kisrádióból 150 000 darabot gyártottak. Úgy gondolom, hogy igazi kurázsi kellett ahhoz, hogy az akkora már kitűnő paraméterekkel bíró elektroncsövek és azok kiforrott kapcsolástechnikája árnyékában egy ilyen, gyengécske paraméterekkel rendelkező tűstranzisztorokon alapuló, drága teleppel üzemelő készüléket forgalomba hozzanak! A készülék kapcsolási rajzát nem tették közzé az újságban (jóval később, az [5]-ben megjelentettük). Mostanra a neten nemcsak a kapcsolás, hanem számos fotó és egyéb dokumentum is fellelhető róla. 1955-ben már az első tranzisztoros kereskedelmi autórádió is napvilágot látott (Chrysler-Philco: Mopar 914HR).

Úgy tűnik, hogy az általam vizsgált, írásom tárgyát képező szaklapok közül *időrendben ez az első lapszám, amely megemlíti a tranzisztort!*

A következő, Váraljai Vilmostól származó tranzisztoros cikk (*1949/6.*) lényegesen komplexebb. Bemutatja a hagyományos és a koaxiális tűstranzisztor felépítését, karakterisztikáit és közli egy hagyományos (meg nem nevezett) típus legfontosabb adatait, karakterisztikaseregét, jellemző üzemi viszonyok között. A következő számban folytatja a témát: bemutatja, hogyan lehet „kristályerősítőket" készíteni detektorkristályokkal. Végül közös bázisú kétfokozatú RF erősítő és egy oszcillátor elvi kapcsolási rajzát is közzé teszi. Gyanítom, hogy ő maga nem végezte el a kéttűs kísérleteket, hiszen egy szóval sem említi a tűstranzisztor négyrétegű struktúrájának kialakításához elengedhetetlen kollektorformálást. Érdekes, hogy már leírja az elektronáramlást és az „elektronhiányos üregek" (manapság lyukaknak nevezzük) áramlását.

Az *1950/9. számban Ouliczky József* már a „kristálytetróda-keverőről" cikkezik: a kétemitterű, tűstranzisztorszerű eszközben a lapkát három tű érinti.

A lap *1951/2. számában* arról jelenik meg egy hírecske, hogy miként lehet a tranzisztor határfrekvenciáját ötszörösére növelni erős mágneses térben. Sajnos további, a tranzisztorok gyakorlati felhasználását is bemutató ismertetéseket hiába keresünk a Rádió és film Technikában. Ez még évekig váratott magára; csak az utódlapban került rá sor, 1957-ben.

Fotó- és film témájú írások

A filmragasztásról; felhívás szakmai irodalom fejlesztésére; szakmai-káderképzés; a film felépítése, gyártása; mozi-hírek (rovat), az emulzió készítése; szinkronizálási kísérletek; előhívás – fixálás, feketedés; hangosfilmragasztás; filmek előhívása és másolása; hanglámpa és résoptika; moziszervisz; lencsék, tükrök, gyakorlati optika (több folytatásban); filmhírek; a hangvisszaadás legkedvezőbb hangtechnikai feltételei (sorozat); film-állandók; a térhatású film (sorozat); a fotocella (sorozat); ívlámpaszabályozó, színhőmérés; a filmkamerákban és vetítőgépekben alkalmazott szinkronmotorok; önműködő szénösszehúzás ívlámpákban; szekunderektronokkal működő fotocellák (elektronsokszorozók); forgó áramátalakítók (sorozat); az áramfejlesztők önműködő feszültségstabilizátorai; a keskenyfilmvetítők fényforrása; a pilla (pillangó); a magnetofon; a mozigépház tűzvédelme; fontos újítások (több szerzőtől).

Elméleti, méretezési cikkek

Hálózati egyenirányítók szűrőköré-nek méretezése; hangfrekvenciás erősítők méretezése (sorozat); permanens mágnesek méretezése; rezgőkörök és oszcillátorok hőfokkompenzálása; vasmagos fojtók méretezése; az RH vétel stabilitása; földellenállás mérése; a rádióhullámok nyomában a felső atmoszférában; rövidhullámok terjedése; antennák (sorozat); nomogramok (sorozat); az egygombos hangolás; nagyfrekvenciás edzés; autotrafó méretezése; transzponáló erősítő számítása (sorozat); kisteljesítményű adók rezgőkörszámítása (sorozat); váltóáramú feszültségstabilizálás (kétféle); az ionoszféra; nagytávolságú telefonösszeköttetés (sorozat); egyenirányító trafók méretezése; a szélessávú dipólokról; a forrasztás fizikája; adóállomások tervezése (sorozat); előmágnesezett fojtótekercsek méretezése; a decibelről; az elektroncső élettartama; csillapításszabályozó tervezése; vasmagos tekercsek méretezése; az URH-terjedésről; szupregvevők elmélete (sorozat); változó ellenállású áramkör rajzos számítása (több szerzőtől).

Témaválogatás, címszavakban

Szakcikkek

- Folytatódik a „Beszélgetünk, tervezgetünk", az „Ötletek,-fogások" rovat.
- Az 1. szám B3 oldalán indul az „R.F.T. Szervisz lapok" (táblázatok, nomogramok, gyári kapcsolási rajzok).
- Hangos házitelefon; Egycsöves hálózati világvevő; háromcsöves telepes vevő; „szuper-szuper"; hordozható világvevő; BO-reflex; RH-„betét" (adapter); 12 W-os erősítő audion helyivevővel; miniatűr világvevő; autóvillamosság; 2+1-es RH/KH szuper; fűthető mellény, négycsöves kofferszuper; szervisz csőmérő; takarékszuper; érintőszenzoros jelzőberendezés; 1 vagy 2 csöves fejhallgatós készülékek; hálózati világvevő/autórádió; 2 és 3 csöves telepes szuper; a gramofonerősítés-

ről; 1+1-es hálózati vevő; vibrátoros anódpótlók; 5 W-os minőségi erősítő; egycsöves, olcsó telepes vevő; irodai, üzemi hangostelefon; egycsöves reflexvevők (Makai).
- Mérések katódsugárcsővel (több közlemény); torzításmérő; hitelesítő frekvenciamérő; szignálgenerátor (többféle) és használata; varázsszemes rezgőkörmérő (kétféle); csővoltmérő dB-hitelesítése zongorával; hanggenerátor; RC-generátor; GM-számlálócsöves sugárzásindikátor; testhőmérséklet-mérés elektromos úton; torzításmérés RC-híddal; RC-mérő és univ. jelkövető; univ. U-R-mérő zsebműszer.
- 1000 Ft-os szerviszverseny. Szervisz esetek. Rádiómester rovat.
- Clapp oszcillátor.
- Kétfokozatú, négysávos RH adó; kétcsöves „HAM" szuper; morzegyakorló; „szórakoztató vevőből" sávszuper; 50 MHz-es szuper; automatikus adás-vétel átkapcsoló; 4 sávos RH kisteljesítményű adó-vevő; konverter az RH amatőrsávok vételére; folyamatosan hangolható VFO; 100 W-os komplett RH adó;
- Kézi rádiótelefon (az M. R. C. fejlesztése).
- Sorvezetős tekercselőgép (Sárközi Zoltán); mézsejt-tekercselőgép (Pálfi Albert)
- Kristálydetektoros vevők: pályázat; hangszórós vevő,
- A potenciométerekről; a fénycső; hőkereszt; szelének javítása; új szárazelem; rádiócsövek gázossága; hangszóróismeret; elkójavítás; kuprox egyenirányító; csövek regenerálása; kristálymikrofon gramofon pick-up-ből; rezgőkörök jósága, használhatósága; mikrofémrétegű kondenzátorok; hőelemek készítése; a tranzitron; régi csövek helyettesítése; porvasrúd-antenna (a ferritantenna elődje); kiolvadó biztosítók; piezoeektromos kristályok készítése; kristályhallgató készítése
- Kis technikus laboratórium (sorozat).
- Szélmotorok (hosszú sorozat).
- A szalagos magnetofon szerkezete.
- Elektromos gitár.
- Lecher-vezetékes oszcillátor 420... 460 MHz-re.
- Elektromágneses (rezgő) fűrészgép; „elektroakusztikus" mosógép.
- Egyenirányító gyors relével (vibrátorral).
- Egycsöves szuperelőtét HF erősítőhöz.
- AC I és U stabilizálása vashidrogéncsővel.
- A magyar vezetékes rádió.
- Benzinmotoros áramfejlesztők.

Ismeretterjesztő és egyéb cikkek
- Folytatódik a rádiótanfolyam, az egyes folytatások végén fejtörővel.
- Új tanfolyam az „*R.F.T. esti iskolája*"
- Kezdők klubja (a rádió elméleti alapjai, egyszerűen).
- Külföldi érdekességek (állandó rovat).
- Beszámolók klf. hazai és külföldi kiállításokról.
- „5 perc akusztika" (sorozat; Kellermayer).
- Proton-mikroszkóp.
- Továbbra is él a „Kérdéseink" fejtörőrovat és a „Szerkesztői üzenetek" rovat.
- Több, rádióamatőrökhöz szóló rendszeres közlemény (MRRE közlemények, RH éterriportok, HA2BNV, klubélet, rádiótávírász-versenyek).
- „Lapböngészés" (külföldi szaklapokból).
- Mit mond a nyírfa ellenállása?
- A Rádióvilág „Mi a kristálydióda?" pályázatára beérkezett pályaművek ismertetése. A nyertes: *dr. Thurzó Emilia*.
- Rádió-aknák (haditechnika).
- A kikerülhetetlenül vissza-visszatérő téma: a néprádió. Ismét pályázatot tettek közzé, részletesen megadva a követelményeket. A díjazás 5000 Ft. (*1948. novemberi szám.*)
- Vezetékes rádió a Szovjetúnióban; az orosz morze-ábécé. Popov, a nagy rádiófeltaláló (természetesen többször is szó esik róla).
- Budapest I. 135 kilowatt!
- Mesterséges középfül.
- Tolmácsberendezés
- A sakkozógép (Nemes Tihamér).
- A hangleadás rendellenességei.
- Atomtechnika a békeiparban (mérések a radioaktivitás segítségével).
- Elektronika a kémiai anyagvizsgálat szolgálatában (sorozat; Dombos Dezső).
- Hitelesítő frekvenciát sugárzó adók.
- Mesterséges piezokristályok.
- Az áramütés veszélyei.
- Életműködésünk elektromos szemmel (sorozat).
- Múzeumot a rádiónak!

(A KANYI-ban a Rádió és film Technika is szerepel, 679 bejegyzéssel.)

8. Rádiótechnika

A Rádió és film Technika közel három éve él, amikor is helyette 1951 novemberében indul a Magyar Szabadságharcos Szövetség (az MHSZ elődszervezete volt) új lapja, a *Rádiótechnika* (az RT). Nem titkolható, hogy a váltás ismét hatalmi úton elrendelt kötelező lépés volt.

A Rádió és film Technika utolsó számnak vezércikkében többek közt ezt olvashatjuk: „*...Az új szervezés új irodalmat, új lapot kíván. Az RFT is a fejlődésnek ebbe az új szakaszába épül bele: a kollektív rádióamatőrök lapja lesz, szerkesztését a Szabadságharcos Szövetség veszi át és tartalmában is megváltozik, a Szovjetunió Doszarm sokéves tapasztalatai nyomán fogja ifjúságunkat nevelni. ...*". Azért szerencsére nem ették ilyen forrón a kását! A szerkesztés lelkes, elkötelezett amatőr szerkesztő, *Füvesi Gyula* kezébe került, aki a kemény politikai környezet közepette jól lavírozott, és a következő években – a kezdeti nehézségek leküzdése után – jól szerkesztett, népszerű kiadványt csinált a Rádiótechnikából. Idővel a lap az adott lehetőségek közepette a pártsemleges műszaki tartalmakra koncentrált. Azért a váltás külsőségei bizony szembeötlők.

Az első, a novemberi lapszám vezércikkét nem bízták a főszerkesztőre, azt *Bánszegi Ferenc*, az Magyar Szabadságharcos Szövetség Rádió osztály vezetője fogalmazta meg, a hatalom által elvárt tartalommal és stílusban. A novemberi első lapszám vörös címlappal, rajta nagy méretű Popov-arcképpel (**17. kép**) jelent meg. Természetesen Popovot, mint a rádió feltalálóját méltató, több mint kétoldalas írással és egy róla szóló szovjet film méltatásával. A decemberi címlapon pedig Lenin és Sztálin elvtársat láthatjuk, amint egy távírószalagot tanulmányoznak. A vezércikk is a „szeretett" Sztálin elvtársat élteti, a végén elítélve az imperjalizmus agresszív erőit (ismeretlen szerző műve).

Popov később is gyakorta előkerül, mint a rádió egyetlen feltalálója (*1954/5., 1955/5., 1957/3., 1959/3., 1959/5., 1967/5., 1970/5.*). A vezércikkek stílusa, hangvétele továbbra is a korszaknak megfelelő (a szerzőket inkább nem említem), néhány szakcikk végén is elő-előbukkan a szinte kötelező „vörös farok".

Kicsit jellemző a korszellemre az egyik decemberi cikk címe: „*Jóminőségű hullámváltó készítése ócska anyagokból*". (Ezt ma, ha tán nem is szó szerint, így fogalmaznánk meg: „fekáliából erődítményt"...)

Az '56-os forradalom alatt/után a Rádiótechnika négy hónapig nem

17. kép

jelent meg, csak 1957 márciusában indult újra. A szerkesztőség legalább beváltotta a MUK, a „márciusban újra kezdjük" ígéretet, és azóta megjelenése folyamatos. A lap feladata is folytonosan változik. A műszaki kultúra növekedése miatt az elektronikává terebélyesedett rádiótechnika számos területe önálló lapot vagy lapokat kapott. Például a hangtechnika, a képtechnika és – főképpen – a számítástechnika. Ennek ellenére a maradék szakterületre is erős hangsúlyt kapott.

Füvesit 1965 augusztusától a korábbi segédszerkesztő, *Stefanik Pál* váltotta a főszerkesztő székben, akinek a nyugalomba vonulása után, 1982 szeptemberétől a mai napig a főszerkesztőnk és immár a lap tulajdonosa is *Békei Ferenc*. A rendszerváltás idején természetesen itt is komoly változások történtek. A jelen cikkben bővebben tárgyalt lapok történetét összefoglaló **3. táblázatból** további részletek ismerhetők meg. Kiolvasható például, hogy ha a '20-as – '30-as években volt „sokcímű" lap, akkor a Rádiótechnikára illik a „sokkiadós" jelző!

A tranzisztort 1947 végén találták fel, bár ismertek előzményei is, jóval korábbról. Az USA-ban és máshol is nemsokára gyártani is kezdték a tűstranzisztorokat, majd hamarosan áttértek a sokkal stabilabb, jobb paraméterekkel bíró ötvözött germánium típusokra. Erről a [6]-ban röviden szóltam.

Sokak számára talán különösnek tűnhet, hogy a Rádiótechnika évekig meg sem említi a tranzisztort, mint az emberiség sorsfordító találmányainak

Fejezet	A kiadvány címe	Kiadási intervallum	Főszerkesztő [szerkesztő]	Kiadó	Megjegyzés
2.	Rádió Technika	1936/02–1944/05	Molnár János [Jovitza György]	Paskay Bernát	
3.	Villám	1944/03–1944/10	Horváth István	Magyar Királyi Honvédelmi Minisztérium	Kétheti periodika
4.	Rádióvilág	1946/02–1948/08	Makai István	Hungária Könyvkiadó	
5.	Rádió Technika	1947/05–1948/08	Molnár János [Makai István, Wágner Walter]	Népszava	
6.	Rádió és film Technika	1948/09–1951/10	Molnár János [Makai István]	Népszava	A Rádió Technika és a Rádióvilág egyesüléséből
7.	Rádiótechnika	1951/11–1952/10	Füvesi Gyula* [Stefanik Pál, 1955/12-től]	Magyar Szabadságharcos Szövetség	
		1952/11–1956/10		Lapkiadó Vállalat	Az 1956-os forradalom miatt 4 hónapig szünetelt
		1957/03–1958/01		Rákóczi Lap- és Könyvkiadó	
		1958/02-1960/12		Rákóczi Lapkiadó Vállalat	
		1961/01–1964/12		MHS Rákóczi Lapkiadó	
		1965/01–1965/7		Ifjúsági Lapkiadó	
		1965/08–1971/12	Stefanik Pál [Murai László; Bucsás Péter] Békei Ferenc [1982-től]		
		1972/01–1980/12		Zrínyi Katonai Kiadó	
		1981/01–1989/8		Zrínyi Katonai Könyv- és Lapkiadó	
		1989/09–1990/1	Békei Ferenc [Bucsás Péter]		
		1990/02–1991/11		Aero&Rádió Kft.	
		1991/12–...		Rádióvilág Kft.	
8.	Hobby Elektronika	1990/06–1991/11	Békei Ferenc [Bassó Andor]	Aero&Rádió Kft.	
		1991/12–2004/12	Békei Ferenc [Bassó Andor]	Rádióvilág Kft.	
	Hobby Elektronika Füzetek	2005 –...	Békei Ferenc		
9.	Rádiótechnika Évkönyve	1968–1972	Stefanik Pál	Ifjúsági Lapkiadó Vállalat	Az előző év végén jelenik meg a következő évi kiadás. A harmadik rovatban a *borítón levő évjárat* szerepel
		1973–1989		Zrínyi Katonai Könyvkiadó	
		1990	Békei Ferenc, Stefanik Pál		
		1991		Aero&Rádió Kft.	
		1992	Békei Ferenc	Békei Ferenc	
		1993–...		Rádióvilág Kft.	

3. táblázat. A cikkben bővebben tárgyalt szaklapok legfontosabb adatai

egyikét, amely szerény véleményem szerint jelentőségében összemérhető a tűz megszelídítésével, a kerék és a vaskohászat feltalálásával vagy a villamos energia előállításával! Ennek bizony politikai oka volt. A sztálini Szovjetunióban a nyugati, pláne az amerikai technika méltatása főbenjáró bűnnek, fellazító propagandának számított, és annak elkövetőit komoly „hátrányokkal díjazták"! Természetesen a „baráti" országoknak is illett féken tartani az ilyenfajta „propagandát". A lapelődök kis híreinek össze-

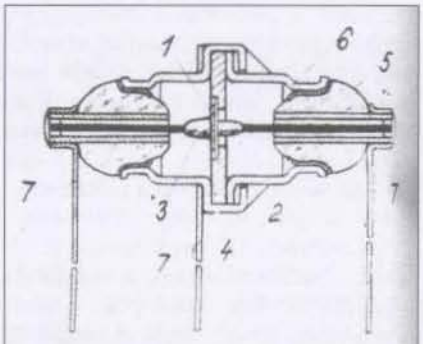
tételén is jól nyomon követhető az a tendencia, hogy amíg korábban szinte minden technikai érdekességet amerikai, angol stb. forrásból meritettek, addig a háború után a hangsúly egyre inkább a szovjet technika felé fordult. Sztálin 1953-ban bekövetkezett halálát követően a fentiekben is (némi) enyhülés következhetett be.

Igazából nem tudom, hogy az oroszok meddig jutottak a tranzisztortechnikában nem sokkal a háború után, hiszen ez (is) katonai titoknak számított. Tény, hogy például a katonai rakétatechnikában és az ehhez kapcsolódó, akkoriban kibontakozó űrtechnikában ők még zömmel csöves elektronikát alkalmaztak. (A világ első műholdja, a Szputnyik-1 csöves volt.) A velük versenyre kelt amerikaiak első sikeres műholdja, az 1958-ban pályára állt Explorer-1 elektronikájába viszont már szilíciumtranzisztorokat is beépítettek. Igaz, az oroszok még az első szputnyik előtt elkezdték annak az űrlaboratóriumnak a fejlesztését, amelyet jóval később bocsátottak föl, Szputnyik-3 néven. Mind ebben, mind a közben pályára állított Szputnyik-2-ben – Lajka kutya űrhajójában – bőven voltak tranzisztorok, tudtommal germánium ötvözött struktúrájúak. Az első műholdak néhány részletéről a [7] tájékoztat. Érdekesség: a nemrég még a legnagyobb tolóerejűnek számító rakéta, az orosz Enyergija is csöves vezérlésű!

Úgy tűnik, hogy az első tranzisztorokkal kapcsolatos közlemények a Rádiótechnikában Hetényi László (HA5BK) tollából származnak. Az *1957 áprilisi* számban *Tranzisztor* címmel a tűstranzisztort és a tranzisztor három alapkapcsolását mutatja be, azok jellemzőit táblázatba foglalva. A szerkesztőség rendelkezésére álló, kevés számú RFT (NDK) „egyedi gyártású" Ge pnp tranzisztorral kísérletezve, a júniusi számban ugyanő ismertet egy földelt emitterű és két földelt bázisú HF oszcillátorkapcsolást. Előzőleg, a májusi számban azt mutatja be egy ismeretlen szerző, hogy miként lehet ohmmérővel ellenőrizni egy tranzisztort. Végre konkrét típusokról esik szó: OC34, OC38, OT/C, OT/E. (Megvallom, ez utóbbi kettő számomra teljesen ismeretlen.)

Az *1957 júliusi* lapban cikksorozat indul *„Ismerkedés a tranzisztorokkal"* címmel. Szerzők: Horváth János és *Szekér Ferenc*.

Hrabál László az októberi számban



П 1 rétegtranzisztor keresztmetszete
1 — germánium, 2 — emitter (indium)
3 — kollektor (indium), 4 — tartó,
5 — üvegszigetelés, 6 — burkolat,
7 — kivezetés

18. kép

felteszi a kérdést: elektroncső vagy tranzisztor? A válasza: elektroncső és tranzisztor! Közbevetőleg megjegyzem, hogy a szerkesztőség ugyanezen az oldalon tesz említést az október 4-én Föld körüli pályára állt Szputnyikról, és beszámol a 20 MHz-es jeleinek két magyar rádióamatőr általi vételéről, magnószalagra rögzítéséről. Hrabál cikkének 2. része a következő számban lát napvilágot, néhány típus összehasonlító táblázatával, a 3. részben (*1958/4.*) bemutatja az első ismert, kereskedelmi forgalomba hozott szovjet tranzisztorokat, a sajátos tokozású П1 (P1) családot, metszetrajzot (**18. kép**) és rövid adattáblázatot is mellékelve. (Igaz, az ábraaláírásban keresztmetszet szerepel, de szerencsére a hosszmetszetet ábrázolja. Be kell vallanom, hogy – az eszközök külső kinézete alapján – koaxiális tűstranzisztorcsaládnak gondoltam korábban, és a [6]-ban így is deklaráltam. Ezúttal kérek elnézést!)

Az 1957-es évfolyam decemberi száma már a tranzisztorok haditechnikai alkalmazásáról cikkezik. Az első igazi, praktikus tranzisztoros kapcsolást is ebben a számban találjuk meg, ismét Hetényi Lászlótól. Ez egy saját készítésű R-C mérőhidat ismertet, 2 db П1 tranzisztorral. Ugyanitt, a könyvajánló rovat is egy témába vágó művet mutat be, melynek címe: *A tranzisztor* (szerzője: *Dosse*).

Idővel a technikai fejlődés felpörgésével a lapunk tartalma is lassan átpolarizálódott, ám, ma a tranzisztoros kapcsolások újra ritkulnak lapunk hasábjain. Szerepüket átveszik az egyre komplexebb integrált áramkörök, mikroprocesszorok, mikrokontrollerek és a digitális technika egyéb vívmányai, valamint a kiváló paraméterekkel rendelkező modern (vagy már nem is annyira modern) kapcsolóeszközök, mint a tirisztor, triak, a teljesítményFET. Van azonban néhány olyan egészen régi tőből fakadó slágertéma, mint a detektoros (diódás) vevők vagy az elektroncsöves High-End – becsületes nevükön HiFi – erősítők. Ezeknek a reneszánszát éljük!

„És... de hová ragadál? Oh felhevülésnek Gyors talyigája!" (Petőfi). Megszakítom hát a Rádiótechnikával kapcsolatos konkrét mondanivalómat, hiszen amúgy is csak az '50-es évek elejéig szólt a bevezetőben megfogalmazott ígéretem, és hát, ugye, a terjedelmi korlátok...

A mai Rádiótechnika tematikáját remélem, hogy nem kell részletezni, olvasóink jól ismerik. Oly annyira, hogy koronként komoly bírálatok érkeznek hozzánk, ill. jelennek meg az internetes fórumokon olvasóinktól a lap tartalmát illetően. Többnyire ki-ki az általa preferlát témakörben közölt írásokat, információkat kevesli, az összes többi téma terjedelmét pedig eltúlzottnak tartja. A „Rádiótechnika" cím tradicionális: az előzőekben bemutatott lapok zömmel szó szerint azzal foglalkoztak, hiszen a kezdet kezdetén valóban az jelentette az elektronikát! A rádió volt az egyetlen olyan elektronikai készülék, amivel szinte mindenki találkozhatott. Az iránta megnyilvánuló érdeklődés azóta csökkenni látszik.

Az elektronika mára rendkívül szerteágazóvá vált és magában foglalja többek között az alapkutatások speciális műszereinek elektronikáját, a biztonságtechnikát, HiFi-technikát, az ipari elektronikát és méréstechnikát, a járműelektronikát (ami önmagában is rendkívül szerteágazó), a katonai, űrtechnikai elektronikát, a műholdas távközlést, az otthon és a háztartási gépek elektronikáját, az orvosi elektronikát, a robotikát, a szabályozás- és vezérléstechnikát, a számítástechnikát és informatikát, a videotechnikát és még számos szakterületet. Ezt mind a mi havilapjainknak és az évente egyszer megjelenő *Évkönyvünknek* kell(ene) felvállalnia, hiszen más, a fentieket *részletekbe menően, kapcsolási rajz és műszaki információ szintjén tárgyaló szaklap magyar nyelven nem jelenik meg*. (Az ún. „professzionális elektronikai magazinok" valójában inkább

reklámújságok, mintsem szakmai fórumok.)

A technika, és ezen belül az elektronika fejlődése követhetetlen, ez már közhely. A modern processzorok vagy a mindenki által jól ismert, hétköznapinak számító mobiltelefon, digitális tévé stb. áramköreinek, szoftvereinek működését is csak a konszernek kutatólaboratóriumainak beavatottjai ismerik igazán, a csúcstechnológiás kütyük házi reprodukálása elképzelhetetlen. De Makai Istvánnak az *5. pontban* hivatkozott gondolatai mit sem veszítettek aktuálitásukból: a tervezgető, készüléképítő – és ezeken keresztül saját magát képző – rádióamatőrre, hobbistára legalább olyan szükség van ma, mint annak idején!

A cél érdekében megtesszük, amit megtehetünk, de ahhoz, hogy a fokozódó igényeket kielégítsük, igényes cikk-alapanyagokra, azaz érdekes, újszerű témákat, ezek építési leírását tárgyaló kéziratokra van szükségünk. *Ezeket pedig kitől, ha nem öntől várhatnánk, kedves olvasónk?!* Az ön segítsége is hozzájárulhat ahhoz, hogy az elődökéhez képest igen magas kort megélt – jelen évkönyvünk megjelenése táján a 69. életévébe lépett – Rádiótechnika tovább prosperáljon!

9. Hobby Elektronika

Az amatőrizmus sokat vitatott igényei és lehetőségei is gyökeresen változtak. Ezek egyikének, a kezdő elektronikai hobbisták igényének a kielégítésére hozta létre az RT-t is gondozó *Rádióvilág Kiadó* a *Hobby Elektronika* című népszerű folyóiratát, 1990-ben. A júniusban napvilágot látott 1. szám beköszöntőjében Békei Ferenc így fogalmaz: *„Végre itt vagyunk az új lappal, amelynek szükségességét már régóta érezte szerkesztőségünk. A kollégák asztalán tornyosuló kéziratok, az olvasóinktól hozzánk befutó észrevételek, a szerkesztő-olvasó találkozókon elhangzott vélemények erősítették meg elhatározásunkat az új lap megjelentetését illetően."*

Az első nyolc szám tipográfiája, tördelése meglepő, szokatlan képet mutatott, hiszen még C64-en történt. A szükséges szerkesztőrendszert Pagefox dugaszolható modul tartalmazta. A Hobby Elektronika dizájnját *Bassó Andor* tervezte meg, és a jelzett számokat ő tördelte.

A HE többé-kevésbé állandó rovatai (mert természetesen nem minden számban szerepelhetett mindegyik): digisuli, elektroakusztika, hifi, elektronika a lakásban, gyári készülékek kapcsolási rajza, jármű-elektronika, ipari elektronika, katalógus, kezdők rovata, műhelysarok, műszer, rádió, sok-sok kis kapcsolás, zenei hobbi elektronika, µ-gép hardver, rejt-vény+nyeremény.

„Kezdetben DX-erek rovata is létezett. Szerkesztőségünk a rádiótechnikai/elektronikai szaklapok történetében ritka lépésre szánta rá magát: az első teljes, azaz az *1991-es évfolyam novemberi számában* 22 kérdésből álló kérdőívet tett közzé. A kérdések a lappal kapcsolatos beszerzési, olvasási szokásokra, az olvasók nemére, életkorára, végzettségére, elméleti, gyakorlati, technikai felkészültségére, érdeklődési körére, cikkírási hajlandóságára vonatkoztak. A beérkezett 4872 szabályosan kitöltött kérdőív beküldői között tárgyjutalmakat sorsoltunk ki. A felmérésből leszűrhető néhány tanulságról az *1992/7. számban* írtunk, olvasók mellékelt írásos véleményével fűszerezve. Kiderült például az, hogy a DX-vétel, azaz a távolsági rádiómegfigyelés témaköre a Hobby Elektronika olvasótáborát jellemzően nem érdekli.

A cikkek zöme kezdők által is elkészíthető egyszerű készülékeket mutatott be, nagyon részletes építési leírással, az aktív eszközök bekötési rajzával. A nyomtatott áramköröket külön, a túloldalán üresen hagyott nyákoldalon tette közzé a lap, hogy a panelrajzolatok otthoni körülmények között, Pausklarral és Positiv-20 fotorezisztt el reprodukálhatók legyenek. Később, külön rendelésre, a rajzolatokat átlátszó fóliára nyomtatott formában meg lehetett vásárolni. A fóliát az előfizetők díjmentesen kapták. Aki inkább a transzferfóliás felületelemeket részesítette előnyben, az a szerkesztőség által kidolgozott, speciális anyagokkal és technológiával leszitáztatott, különböző nyák-felületelemeket tartalmazó fóliákat is megvásárolhatott. Természetesen az otthoni nyákkészítés titkairól is bőven esett szó a lapban.

A kezdők sikeres építőmunkáját számos segédeszköz, munkafogás bemutatása is elősegítette. A *„kezdők rovata"* vagy a *„digisuli"* alapfokú elektrotechnikai/elektronikai ismeretekkel szolgált. Koronként egyéb ismeretterjesztő, műszaki alapismeretekkel szolgáló cikkek is megjelentek a Hobbi Elektronikában.

A lap 2005-ben tematikus füzetsorozattá alakult *Hobby Elektronika Füzetek* címmel. Ezt sorszámozott időszaki kiadványt jelenteti meg a szerkesztőség, igyekezve mindig a nagy népszerűségnek örvendő témákat kiválasztani és a megírásukra felkérni az ahhoz bizonyítottan jól értő szerző(ke)t. Így született meg az 1. kötet, a *Fémkeresők* (*Nagymáté– Chrenkó*, 2005), majd a továbbiak: *Audiofil-Varázs I.* (*Ágoston–Bereti– Pruzsinszky*, 2005); *PIC – kezdőknek* (*Vörös Tamás*, 2006); *Audiofil-Varázs II.* (*Ágoston–Nagy*, 2008).

10. A Rádiótechnika Évkönyve

A szerkesztőséghez kötődnek még a Rádiótechnika évente megjelenő *évkönyvei* is. Az első kiadás, az 1968-as, 1967 végén jelent meg. A koncepció azóta sem változott: jelen, 2020-as évkönyvünk 2019 novemberében látott napvilágot. Az évkönyveink –, mint olvasóink tapasztalhatják –, zömmel egy-egy, a Rádiótechnikából már ismert témakör hosszabb lélegzetű elméleti és/vagy gyakorlati ismertetését tartalmazzák. Konkrétan: egy-egy bonyolultabb készülék működésének, megépítésének részletes leírását, audiotechnikát, rádióamatőr témákat, számítástechnikát, félvezető-adattáblázatokat, ipari elektronikával, ipari és amatőr műszer- és méréstechnikával foglalkozó részletesebb cikkeket, érdekes technikatörténeti tanulmányokat tartalmaznak. Utóbbiakat önálló, technikai részleteket is bőven felsorakoztató írások, ill. sorozat keretében is közzéteszi, mint pl. Borbás István, ill. később *dr. Fábián Tibor* által prezentált *„Technikatörténet – évszámokban"* (indult az 1992-es évkönyvben). Az olvasótábor érdeklődéssel fogadja a kiadványainkban sokat publikáló, nagy szakmai tapasztalattal bíró törzsszerzőink –, következetesen 3 oldalnyi terjedelemben megszabott – *„Szubjektív szakmai életrajztöredékek"* című sorozatát.

1978-ban a szerkesztőség megjelentette a *Rádióamatőrök Kézikönyve* című, a kezdeti évkönyvek borítótervét, tipográfiáját idéző, főleg az adóamatőrök érdeklődésére számot tartó cikkgyűjteményt is.

10 +-1. KANYI, a ráadás

Befejezésül röviden essék szó az egyik legnépszerűbb – és témánkba vágó – olvasói szolgáltatásunkról, a KANYI-

ról. Ebben az adatbázis gyűjteményben a szerkesztőség összes kiadványa fel van dolgozva, az első Rádiótechnikától és az első évkönyvünktől a Hobby Elektronikán, annak későbbi Üzetein és a Rádióamatőrök Kézikönyvén át a legutóbbi Rádiótechnikáig és Évkönyvünkig! Az adatbázis zömét ezen kiadványokra vonatkozó bejegyzések alkotják.

Számtalan lelkes amatőr gyűjti lapelődeinket és mai kiadványaink régebbi és persze újabb számait: öregek és fiatalok egyaránt érdekesnek találják. Vajon, mit lehet ezekből tanulni? Mindenekelőtt technikatörténetet – meg egy kis kultúrtörténelmet is. De a lapok által képviselt terjedelmes anyagból a tételes elvi és gyakorlati szakmai kérdésekből is igen sokról tájékozódhatunk a korábbi lapokból.

Tájékozódhatnánk, csak éppen nem találjuk meg a keresett témát, a valamikor olvasott, de már rég elfeledett lelőhelyű építési leírást, szerviztanácsot, kapcsolási rajzot, munkafogást, számítási módszert, feltalálói életrajzot. Az információk felkutatása az évtizedek során hatalmassá duzzadt anyagban komoly időráfordítással jár akkor is, ha az összes kiadvány a kezünk ügyében van! Ezen a felismerésből hozta létre a szerkesztőség a KANYI-t, a KApcsolási rajz NYIlvántartó programot és adatbázist, melynek első verzióját (még flopilemezeken) 1992-ben kezdte forgalmazni. Jelenleg a V2.04 verziója kapható, persze már nem flopin – és nem csupán az adatfájlok megtöbbszöröződött terjedelme miatt. A hozzá mellékelt adatbázis nemcsak a feldolgozott forrásanyagok sokrétűségében múlja felül a régit, hanem a névadó kapcsolási rajzokon túl alaposan kiterjesztett műszaki tematikájában is.

De más tanulságot is nyújtanak a régi kiadványok. Azt, hogy kis országunk minden időben nagy erővel és érdeklődéssel követte a kor technikai fejlődését. Erejéhez mérten méltóképpen hozzá is járult ehhez. Ezt a feladatot kívánja szolgálni jelenlegi lapunk is, a Rádiótechnika, és az évkönyvünk, amit éppen a kezében tart, Kedves Olvasónk!

Irodalom:

1. Rózsa Sándor: 70 éves a magyar nyelvű rádiós szaklapkiadás; Rádiótechnika 1994/11., 542–543. o., 1994/12., 594–595. o., 1995/1., 18-19. o.
2. https://www.ha5kdr.hu/2018/02/szepen-sorban-ime-par-kiegeszites
3. Falus László–Láng Róbert–Szakmány György: Zelenka László, a rádiótechnika úttörője, a „magyar Edison"; Hírközlési Múzeum Alapítvány – Macken-sen Kft., 2008.
4. Dr. Simoncsics László: Egy Molnár János volt-e, vagy kettő?; Rádiótechnika 2002/06. 291. o.
5. Dr. Fábián Tibor: Technikatörténet – évszámokban; Rádiótechnika Évkönyve 2004., 113. o.
6. Pálinkás Tibor: Készítsünk tranzisztort házilag!; Rádiótechnika Évkönyve 2013, 128–138. o.
7. Pálinkás Tibor: Az új időszámítás: „Szputnyik előtt" és „Szputnyik után"; Rádiótechnika Évkönyve 2017, 41-63. o.
8. Pálinkás Tibor: Folyamatosan izmosodik a KANYI adatbázisa!; Rádiótechnika 2019/3., 98–100. o.

Nagy évkönyvvásár!

A RÁDIÓTECHNIKA ÉVKÖNYVE

1994, 96, 97, 98, 99 kötetek közül 1 db csak 1490 Ft-ért, a

2000, 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09 kötetek közül 1 db 1490 Ft-ért, a

2011, 12, 13, 14, 15, 16 kötetek közül 1 db csak 1490 Ft-ért, a

2017, 18, 19 kötetek közül 1 db csak 2490 Ft-ért kapható.

HAM-bazár 1138 Budapest XIII., Dagály u. 11. I. em. folyosóközép H - P. 09 - 14 ó., Csüt. 09 - 17 ó.
239-4932/36 m., 239-4933/36 m. 1550 Bp., Pf. 123 www.radiovilag.hu hambazar@radiovilag.hu 1

„Rádiós" szerzők és munkáik

Dr. Simoncsics László okl. villamosmérnök, simoncsics.laszlo@t-online.hu

Csatlakozva Pálinkás Tibor *jelen kötetben közzé tett cikkéhez, amelyben röviden összefoglalja a II. világháború környékén kiadott „rádiós" szakfolyóiratok történetét és részletesen tárgyalja tartalmi érdekességeiket, megkísérelem ismertetni a termékenyebb szerzők munkásságát. Ők részben az említett folyóiratokban publikáltak, de önállóan vagy társszerzőként könyveket is megjelentettek. A megsárgult lapokat böngészve nem azt néztem, hogy miről szól a könyv vagy a cikk, hanem hogy ki írta.*

Bevezetés

Az adta az ötletet a cikkíráshoz, hogy külföldön élő leszármazottai érdeklődtek Makai István élete és munkássága iránt. Életéről nem tudtam sok adatot összeszedni, a különböző kiadásokban megjelent könyveinek a listáját sikerült összeállítanom, de a szakfolyóiratokban, főleg a Rádió Technikában, a Rádióvilágban (de még a Rádiótechnikában is, ahol 1967-ig publikált; forrás: KANYI) megjelent cikkei összegyűjtésére már nem vállalkoztam.

Rajta kívül még volt néhány magyar szerző, akik közérthető írásokban, könyvekben segítették ennek a szép szakmának, tudománynak a megértését, elsajátítását, de így együtt még nem találkozhattunk velük. Megérdemlik, hogy megemlékezzünk róluk és munkásságukról.

Sokéves gyűjtőmunkámnak köszönhetően a legtöbb könyvet, folyóiratot csak a polcomról kellett leemelnem, így azokról képekkel is tudok szolgálni. Sok írónál hiányoznak az életrajzi adatok, csak néhányukról találtam megfelelő minőségű arcképet, ezért ezeket nem mellékeltem.

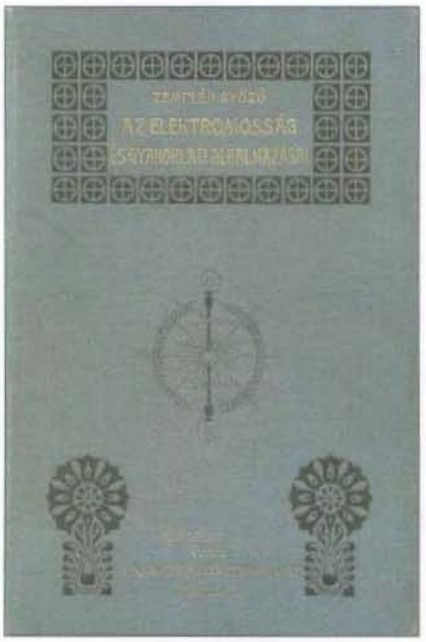
Az élő szerzőktől elnézést kell kérnem, hogy kimaradtak az összeállításból.

A „drótnélküli telegráfia" irodalma

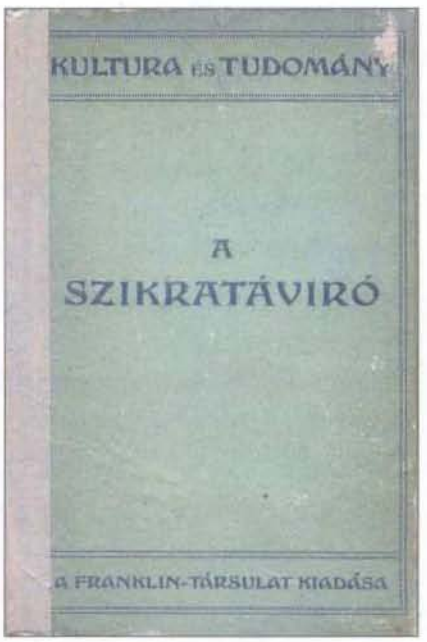
A XX. század elején az elektrotechnika tankönyvek rövid fejezeteit képezték a drótnélküli telegráfiáról szóló ismertetések. A szikratávírók és azoknak továbbfejlesztett változatai hajózási, katonai célokat szolgáltak, a sok új ismeret, kifejezés még a szakembereknek is idegen volt, az átlagemberek számára pedig felfoghatatlan. A tudósoknak, akik részt vettek az adó- és vevőberendezések fejlesztésében, a legfontosabb volt, hogy az állami és katonai vezetést meggyőzzék a drótnélküli telegráfia jelentőségéről és hasznosságáról. A hazai szakírók többnyire német forrásokra támaszkodtak.

Az egyik első magyar nyelvű elektrotechnika tankönyv szerzője *Zemplén Győző*, aki fizikus, egyetemi tanár volt (1879-ben született Nagykanizsán, és fiatalon, 1916-ban halt meg tüzértisztként az asiagoi csatában). A Tudományegyetemen és a Műegyetemen is előadott és külföldi egyetemeken végzett kutatómunkát. Nevét egy hidrodinamikai tétel és egy katonai hangbemérő módszer viseli. (Forrás: Wikipédia.) Az [1] forrása a német Graetz professzor könyve, amely 1921-re már húsz átdolgozott kiadást ért meg. Zemplén könyvének címe az eredeti szó szerinti fordítása: *Az elektromosság és gyakorlati alkalmazásai.* Az 1910-ben, a K. M. Természettudományi Társulat által kiadott könyvet az **1. képen** mutatom be. Az elméleti rész egy fejezetében foglalkozik az *„elektromos hullámokkal"*, a gyakorlati részben hasonló terjedelemben *„az elektromosság alkalmazásával gondolatközlésre"*.

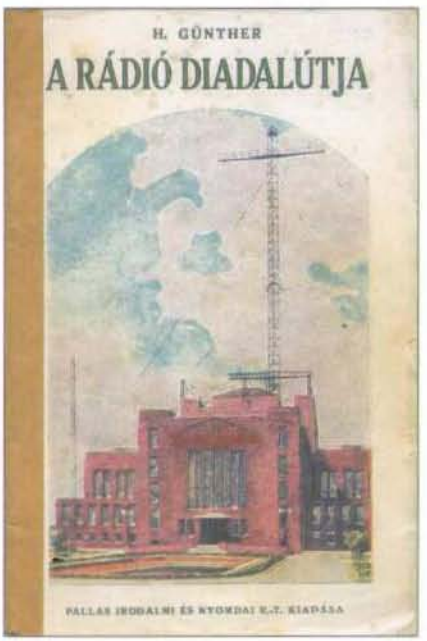
Szintén német forrásból született *A szikratávíró* című könyv (**2. kép**),



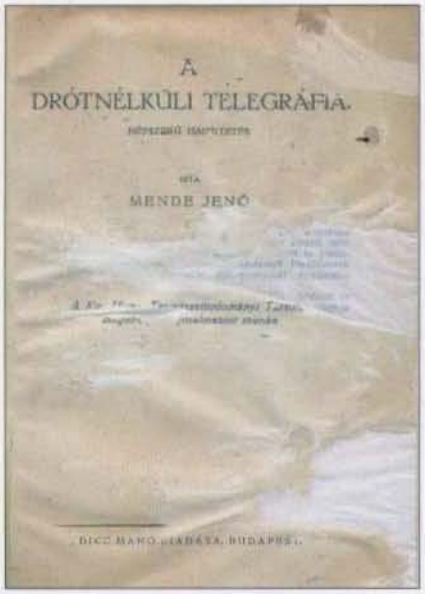
1. kép



2. kép



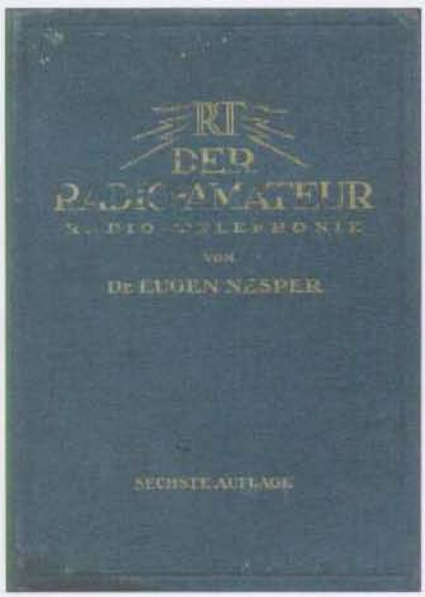
3. kép



4. kép

amely *Kreuzer Géza* átdolgozása, és alcíme: A. Slaby tanárnak a német császár előtt tartott felolvasásai után (Franklin Társulat kiadása, Budapest, 1917.). Még egy német könyvet érdemes megemlíteni: *H. Günther: A rádió diadalútja* (**3. kép**), amelynek fordítója *Lehner Ödön* volt, és 1924-es kiadású. Természetesen német szemszögből ismerteti a szikratávíró feltalálását és fejlesztését, már foglalkozik az elektroncsöves rezgéskeltők által létrehozott csillapítatlan hullámokkal.

Az időszak legátfogóbb szakkönyve *Mende Jenő* fizikatanár *A drótnélküli telegráfia* című könyve (Dick Manó kiadása, Budapest, 1921), alcíme *népszerű ismertetés* (**4. kép**). A Marconi-féle egyszerű rendszer ismertetése után a „jeladó" és „felvevő" rendszerek történeti fejlődését különválasztva rendkívül részletesen és közérthető stílusban tárgyalja. Főbb életrajzi adatai: született 1883-ban Bátorkeszin, meghalt 1944-ben Budapesten. A budapesti tudományegyetemen szerzett tanári diplomát, Cegléden, majd Budapesten tanított és a Kölcsei Ferenc Gimnáziumból ment nyugdíjba 1940-ben. Írt könyveket a radioaktív anyagokról és az anyag mesterséges átalakításáról, de a rádiótelefonról is. Kísérleteit maga végezte, ő volt hazánkban az egyik első rádióamatőr. Drótnélküli telegráfia könyve elnyerte a Természettudományi társulat Bugát-díját [2].



5. kép

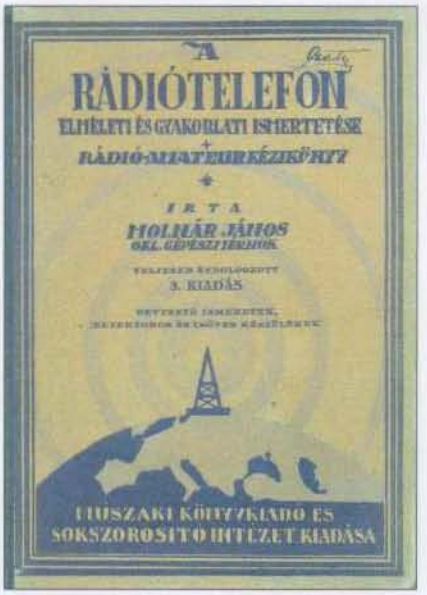
A „Broadcasting" kezdete

Ez az időszak 1921-ben kezdődött Amerikában, amikor a hivatalos „szórakoztató és kereskedelmi célú" rádióadások mellett a rádióamatőr mozgalom is beindult, Európában és nálunk néhány évvel később. Az amatőrök tevékenysége még csak az egyszerűbb vevőkészülékek előállítására korlátozódott, a rövidhullámú rádiózás a rendelkezések kuszasága miatt csak sokkal később kezdődött.

A hazai „rádiós" irodalom is a készüléképítésre szorítkozott és főleg német forrásokra támaszkodott. Az egyik első kiadvány *Molnár János* okl. gépészmérnök könyve a *Rádiótelefon elméleti és gyakorlati ismertetése,* alcíme: *Radio-amateur kézikönyv.* (Műszaki Könyvkiadó és Sokszorosító Intézet, Budapest 1924). A könyv bevezetéséből idézem:

A radiotelefon azon egyedülálló jelenség, amely az egész világon a laikus közönség érdeklődését annyira felkeltette, hogy mindenkiben komoly hajlandóság mutatkozik a dolog lényegébe hatolni... Könyvemet abban a reményben bocsátom közre, hogy ezzel a magyar radió-amateur mozgalom erőteljes megindításához közelebb jutunk. (Megjegyzés: az idézet az eredeti helyesírás szerint.)

A szerző a források között megadja *Dr. Eugen Nesper* könyvét [3], melynek első kiadása 1923-ban jelent meg, alcíme: *Minden ország rádióamatőreinek tan- és segédkönyve.* 1925-ben már a hatodik, jelentősen átdolgozott kiadása jelent meg (**5. kép**).



6. kép

1926-ra Molnár János is teljesen átdolgozta eredeti könyvét, megírta a *Gyakorlati rádiókönyvet* (**6. kép**), amely a *Rádiótelefon* folytatásának is tekinthető. Ebben már fellelhető néhány hazai gyártású (Tungsram, Telefongyár) készülék fényképe és leírása. 1925. végén megszólalt a csepeli rádió-hírmondó állomás, a kristálydetektoros készülékek jelentősége, a külföldi adók száma és teljesítménye megnőtt, szükségessé vált a vevőkészülékek szelektivitásnak javítása.

Sajnos, a Rádiótelefon 3. kiadásának előszavában megígért – csak haladottabb amatőrök számára javasolt – *Rádiótelefon II.* kötetével nem találkozhattunk.

7. kép

8. kép

Bár életéről keveset tudunk, a rádiózás kezdeti időszakának hazai szerzői közül Molnár János gépészmérnök munkássága kiemelkedett, egyben mintául szolgált a későbbi szerzők számára.

Meg kell még említenem néhány – kevésbé jelentős – szakíró munkáját (1924–26). *Balogh Arthur*: *Rádiótelefon, a drótnélküli távbeszélés ismertetése* (Népszava kiadása, Budapest, 1924). A szerző, végzettsége okleveles gépészmérnök, a Népszava rádiórovatvezetője volt.

Török Elemér gépészmérnök: *A rádió kézikönyve* (Atheneum R. T. 1924.). *Adorján Pál*, rádiómérnök: *150 rádiófelvevő kapcsolás* (Athenaeum R. T. 1926.). *Khayll István* és *Rada István*: *Rádiólexikon, amatőrkézikönyv* (saját kiadás, 1926.), amely az első rádiólexikon, ismerteti a rádióval kapcsolatos akkori fogalmakat.

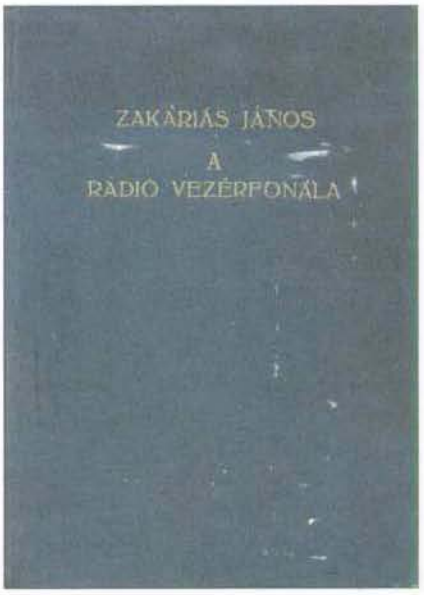
A rádióláz kora és irodalma

Az bevezetőben hivatkozott cikkből tudjuk, hogy 1924-ben megindult a *Magyar Rádió Újság* (MRU) műsoros és rádiós hetilap *Lasszgallner Ernő* és 1926-ban a *(Magyar) Rádió Amatőr* szakmai folyóirat *Horváth László* szerkesztésében. Itt kell megemlítenem *Rein István* szerkesztésében megjelenő *Rádió szaklapot*, amely műsoros újság is volt (**7. kép**), és a *PHILIPS Rádió közlemények* című reklám és műszaki lapot (**8. kép**), ezek komoly konkurenciát jelentettek az MRU-nak. A folyóiratok nagyban elősegítették a készüléképítő amatőrök munkáját, akik addig többnyire a nem műszaki lapok leírásaira támaszkodtak (a legismertebbek Aller Képes Családi lapja [4] és a Tolnai Világlapja voltak). Az amatőrök készüléképítéséhez a kereskedők (51-es Rádióház, Barta és Társa, Holstein Zsigmond, Reich Miklós stb.) bőségesen kínáltak különböző alkatrészeket. Kaphatók voltak különféle gyártmányú elektroncsövek (Tungsram, Philips, Vatea, Telefunken, Echo [Orion] stb.), nagy választék volt detektoros és kevés csőszámmal épített készülékekből. A sokcsövesek olyan drágák voltak, hogy amatőrök számára szóba sem jöhettek. A rádió-előfizetők száma ebben az időszakban évente közel kétszeresére nőtt, a rohamos növekedéséből látszik, hogy valóságos „rádióláz" tört ki hazánkban. Ezt elősegítette a *„lakihegyi nagyadó"* (még csak a 20 kW-os!) beindulása.

1929. volt a válság előtti utolsó év. Fellendült a rádiós irodalom kiadása is. Szakmailag is összefoglaló mű volt a *Szepessy Árpád* által szerkesztett *Magyar Rádió Évkönyv*, benne a nagyobb lélegzetű cikkek: *Babits Viktor*tól *A távolbalátás* (még mechanikus képbontással), *Körös László* az anódpótlók építéséről, és a szerkesztő cikke a hazai rádióiparról és kereskedelemről. Újdonságot jelentett a HAF2A hívójelű *Kemény István* írása a *Rövidhullámú amatőrizmusról*. Találunk cikket a hibakeresésről, az új rádióstúdióról, a rádiós szakirodalomról. *Tolnai Henrik*, posta m.-főellenőr összefoglalja *Magyarország huszonöt éves rádiómúltját*.

Tanulásra is alkalmas szakkönyv *Zakariás János*, okl. gépészmérnök *A rádió vezérfonala* (Dénes Testvérek R.T. Budapest). A detektoros vevőtől elindulva, az elektroncső működésének bemutatásán át, a különböző kapcsolási rajzok közléséig jut el (**9. kép**). Megjelent a Magyar Rádió Amatőr jóvoltából a második *Rádiólexikon*. Még egy mai gyűjtő is haszonnal forgathatja ezt az összefoglaló művet (**10. kép**).

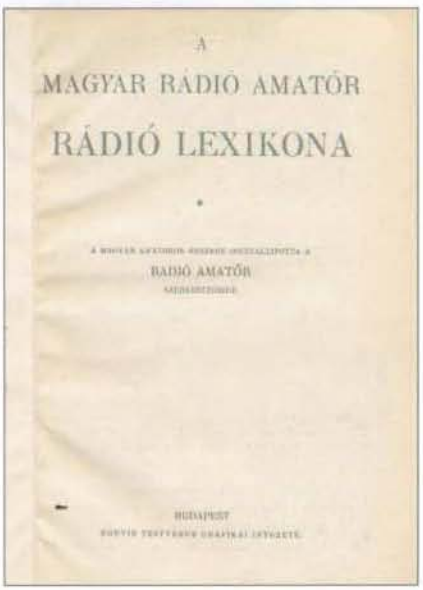
A legjelentősebb esemény a *Rádió – Könyvtár* sorozat megjelenése volt, amelyet a *Jovitza–Molnár–Nekolny* trió szerkesztett és a könyvek Győző Andor kiadásában jelentek meg. Kik voltak ezek a szakemberek, akik több évtizeden keresztül ellátták a Magyar Rádió Újságot, a Rádió Amatőrt, a Rádió Technikát, majd a Rádiótechnikát hasznos cikkekkel és könyveket írtak az amatőrök számára?



9. kép

Jovitza György rádiómérnök, született 1891-ben, meghalt 1958. április 16-án.

1922-ben került kapcsolatba a hazai rádiózással. Első írásai a Magyar Rádió Újságban jelentek meg. Kísérleteit kis házi laboratóriumában végezte. Itt sok értékes, érdekes összeállítás, berendezés, ötlet és szabadalom született. Az általa legjobban szeretett munka mégis az új rádiós generáció nevelése volt. 1924 óta első munkatársa az MRU-nak, 1931 óta társszerkesztője a *Rádió Amatőrnek*, majd 1936 után a *Rádió Technikának*.

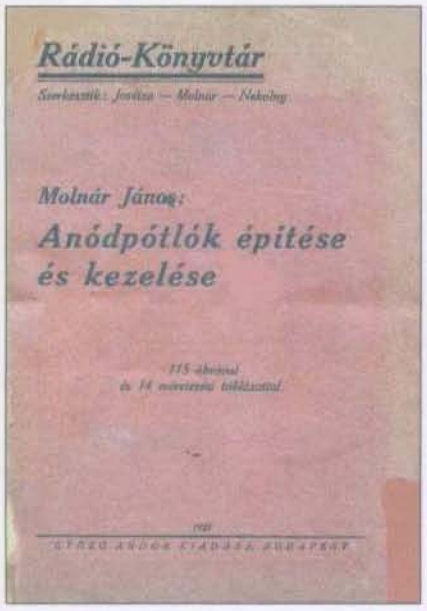


10. kép

11. kép

Molnár Jánossal közös munkájuk a *Rádiósok Könyve* volt, ez öt (bővített) kiadást ért el, összesen 25 000 példányban. A háború után – a rádiójavítások megkönnyítése érdekében – összegyűjtötte a fellelhető kapcsolási rajzokat, adatokat és publikálta a *Szervisz-kapcsolások c.* könyvében (Népszava, 1948. **11. kép**). Az újból megjelent *Rádió Technikában* dolgozott, majd bekapcsolódott a televízió magyarországi fejlesztésébe, A Magyar Televízió Vállalatnál dolgozott annak feloszlásáig. Ekkor már súlyos betegsége aláásta szervezetét [5].

Molnár János életéről fia visszaemlékezése alapján sok ismeretet



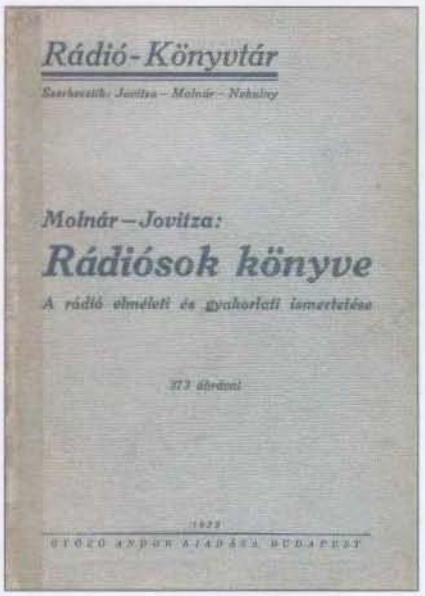
12. kép

szerezhetünk [6]. 1896. november 8-án született Budapesten. Édesapja 4 éves korában meghalt, így öt testvérével nagyon szegényes körülmények között nevelkedett. Az iskola mellett dolgoznia is kellett. A kitűnően végzett negyedik osztály után a Fasori Evangélikus Gimnáziumban tanult, miközben egy közeli fiúinternátusban „alkalmazták". Lelkes turista és sziklamászó volt. A nyarakat különböző vidékeken tanítással töltötte. Tanulmányait – különféle díjakat elnyerve – kitűnő bizonyítvánnyal fejezte be. Beiratkozott a Tudományegyetem Bölcsész Karára, de 1915 végén besorozták katonának. Sebesülése miatt kórházba került, majd újabb frontszolgálat után, 1918-ban leszerelt. A Tanácsköztársaság alatt belépett a Vörös Hadseregbe, majd a Kommün bukása után bujkálnia kellett, így nem fejezhette be az egyetemet.

A Posta Kísérleti Állomáson, a Gyáli úton kapott műszerészi állást. Itt ismerkedett meg a rádiótechnikával, amellyel élete végéig foglalkozott. Foglakozásaként hol „fizikus", hol „postatiszt" megnevezés szerepelt. Az 1924-ben indult MRU-nak műszaki szaktanácsadó rovatvezetője, majd szerkesztője volt. 1933-ban megnősült, feleségével, Tordy Margittal és három gyermekükkel Pestszentlőrincen éltek a második világháború kitöréséig. A világháború alatt Balatonakarattyán és Révfülöpön bujkált családjával együtt a behívás elöl. A háború után visszajött Budapestre, a teljesen kifosztott lakásába. A PKÁ-n élelmiszerért rádiókat javítottak, az óriási infláció hihetetlen nyomorba döntötte a családokat. Az 1947. májusában az újra indult Rádió Technikának főszerkesztője, később szerkesztője lett. Ő jegyezte 1948. augusztusában a Rádió Technika és a Rádió Világ egyesítését beharangozó cikket. 1952 és 54 között részt vett a tévéadás beindításának kutatómunkáiban. 1962-ben vált meg a Postától, nyugdíjba ment, 1979. december 10.-én halt meg.

Ismertebb munkái a Rádió–Könyvtár sorozatban: *Anódpótlók építése és kezelése* (1929. **12. kép**), *Hibakeresés és készülék-karbantartás* (1929), Jovitza Györggyel közös: *Rádiósok könyve* (1933. **13. kép**).

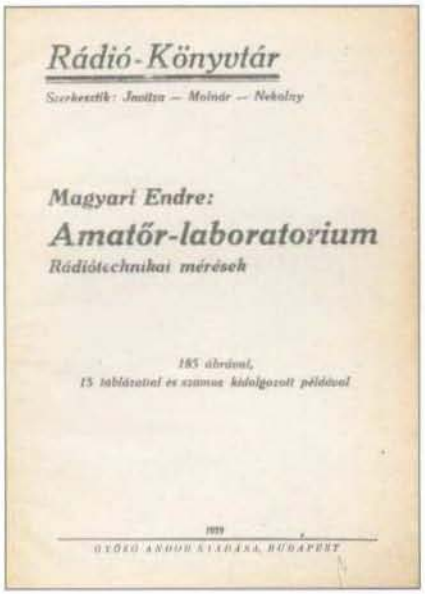
Nekolny Kurt életéről kevesebb adat maradt fenn. Az *MRU 1928. 6. számában* indult a Q.S.T. rovat, amelynek vezetője Kemény István



13. kép

volt. Hírt ad a lap a Magyar Rövidhullámú Amatőrök Egyesületének (MRAE) üléséről, ahol a rovatvezető mellet Nekolny Kurt (EWH1) az egyesület vezértitkára tartott előadást. A lap részletet közölt az alapszabályból. A következő számokban Nekolny Kurt ismertette a rövidhullámú rádiózás szabályait, az egyes országok hívójeleit, az amatőr „Q-kódokat", morzetanfolyamot vezetett, egyszóval a rövidhullámú amatőrködés legfontosabb ismereteit. (HA5BK a Rádiótechnikában emlékezésként idézi Nekolny Kurt egy írását az 1927-es Technikai Lexikonból, amelyben összefoglalja a rövidhullámú amatőrrádiózás történetét és jelentőségét; [7]). Cikkeiben rövidhullámon bevált és hullámmérő kapcsolásokat is közölt.

A QST ez év novemberig állandó rovat „maradt az MRU-ban, de Nekolny Kurt még ezután is írt cikkeket a lapban a rövidhullámú amatőrök számára. A *41. szám* közli, hogy 1929. január 1-től megváltoznak a hívójelek, így lett az első engedélyezett magyar rövidhullámú amatőr hívójele HAF1A. 1932-től írásait az *Amatőr Rádió–Technika–Fotó* című lapban találjuk, cikkeit -1A- jellel írta alá. 1934-től az újjáalakult *Magyar Rövidhullámú Amatőrök Országos Egyesülete* műszaki tanácsadója. HA1A hívójelét egészen a rövidhullámú amatőr rádiózás betiltásáig, 1944-ig megtartotta [10]. 1933-ban nagy cikket írt lapjában a lakihegyi új antennatorony építéséről, majd 1934-ben *A lakihegyi óriásról* (az adóállomásról). A háború



14. kép

alatti tevékenységéről semmi biztosat nem tudunk, állítólag a honvédségnek is dolgozott rádióamatőr-fedésben.

Dr. Magyari Endre postamérnök életének és munkásságának leírását egyesületi tagunk, Balás B. Dénes könyvében találjuk meg [9]. 1900. január 10-én született Aradon, apja távírdarendező volt, így hamar megtanult morzézni. A középiskolát Nagyváradon végezte, itt ismerkedett meg fizikaórán a szikratávíróval. Nyaranta a nagyváradi posta vonalépítői között dolgozott. Jelesen érettségizett, majd beiratkozott a Királyi József Nádor Műegyetem gépészmérnöki karára. 1923-ban kapta meg diplomáját, egy postamérnöki tanfolyam elvégzése után a PKÁ elektromos osztályára került. 1923–24-ben Paskai Bernáttal, a PKÁ főmérnökével rádió-távbeszéléssel kísérletezett. Tolnai Henrik mellett részt vett a legendás („250 W-os") Huth-adó telepítésében, a próbaadásokban [8]. Egy németországi tanulmányút után Tomcsányi István mérnökkel egy 1 kW-os adót hoztak létre. Javaslatukra a Posta megrendelte a Telefunken cégtől az ún. 2 kW-os műsorszóró adót. Ezt Csepelen helyezték el. 1925. áprilisában kezdték a próbaadásokat és év végén hivatalosan működésbe lépett az első műsorszóró adó. A nagyobb, 3 kW-os adót még Csepelen, de a 20 kW-os „nagyadót" már Lakihegyen helyezték el. A telepítés, a beüzemelés és az építés irányítását Magyari Endre Zakariás János segítsége mellett végezte. Közben épült az új stúdió – Magyari és Békésy György tervei alapján – a Sándor utcában. 1933-ban megépült a Standard gyártmányú 314 méteres antennatorony és a 120 kW-os nagyadó, kiépült a vidéki reléadó hálózat.

1946-ban a Posta, mint „nyugatost" elbocsátotta, mindenét elkobozták, amikor visszatért Németországból. Fia, ifj. Magyari Endre a háború alatt egy légitámadásban elhunyt. Több helyen dolgozott, majd a PKI-ba visszavették tudományos munkatársként. 1960-ban megromlott egészségi állapota miatt nyugdíjba ment. 1968. április 9-én halt meg. Magyari Endre nagy tudású, széles látókörű tudós volt, mellőzöttsége idején sem hagyta abba a munkát, a tanítást. Méltán állított szobrot neki a Puskás Tivadar Távközlési Technikum.

Kimondottan az amatőrök számára írt könyve az *Amatőr-laboratórium* szintén a Rádió–Könyvtár sorozatban jelent meg 1929-ben (**14. kép**). Ebben a szerző az amatőr mérések és számítások fontosságára hívja fel a figyelmet. Ez a könyve később még két kiadást ért meg. Doktori disszertációja *Homogen és quasihomogen vezetékek reflexiómentesítése és csillapításmérése* (Egyetemi Nyomda 1941).

1929-ben a Rádió – Könyvtár mellett létezett a *Műszaki Könyvtár* is, a korábban említett *Balog Arthur* szerkesztésében. Ebből mutatom a **15. képen** a *Hogyan használunk hálózati áramot rádiókészülékeinkhez?* című (Népszava Könyvkereskedés kiadása). Ez volt a megunt telepesekről a hálózati készülékekre történő átmenet időszaka. A szerzőről csak annyit tudunk, hogy cikkeket írt, akárcsak Magyari Endre az 1929. szeptember 28-án indult *Rádióélet* „Szépirodalmi és műsoros képes hetilapba".

Gazdasági válság

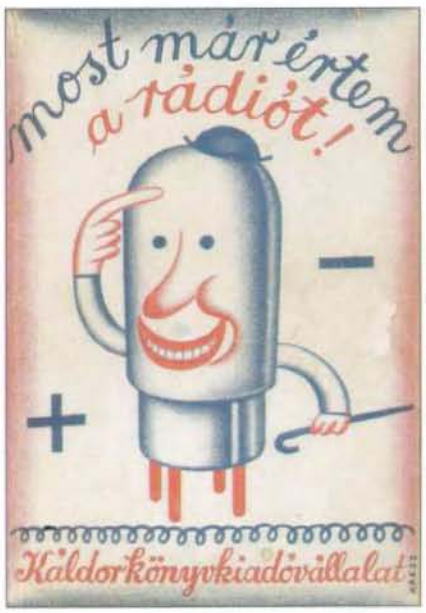
Az elektroncső és a készülékfejlesztők erőfeszítései ellenére a gazdasági válság megviselte a rádiós szakirodalmat [11]. A két legfontosabb lapunk közül az MRU (1929-től csak *Rádió Újság*) egyre alacsonyabb áron, kisebb terjedelemben és rosszabb minőségben jelent meg. Az RA előbb átalakult *Rádió és Fotó Amatőrré*, majd 1932 év végén a Jovitza – Molnár – Nekolny hármas átvette a folyóirat szerkesztését *Az Amatőr Rádió–Technika–Fotó* címen és mélyen leszállított áron.

Közben megszűnt a Philips kiadású *Rádió Revü* és a korábban említett *Rádió Szaklap*. Az egyetlen megmaradt rádiós szaklapunk, az *Amatőr* (vagy

15. kép

ahogyan cikkében Pálinkás nevezi: a „sokcímű lap") 1935-ig tartotta a frontot.

Ennek az időszaknak szakkönyveiből kiemelhető *A Rádió Kincsestára*, amelyet *Paskay Bernát*, *Molnár János* és *Laszgallner Ernő* szerkesztett (Rádió Újság kiadása 1935.) Az előszó szerint a könyvben az „olvasó a rádióval kapcsolatos kérdések mindegyikével találkozik". *Paskay Bernát Magyarország rádióállomásait* és azok történetét, *Neuhold Kornél*, a Telefongyár alelnöke *A vevőkészülékek történeti fejlődését*, *Marton Mátyás*, az EIVRT kutató laboratóriumának mérnöke *Az elektroncső fejlődését és*



16. kép

gyártását ismerteti. *Dr. Patai Imre*, a Philips R. T. és a Vatea R. T. ügyvezető és műszaki igazgatója tart *Korszerű szemlélődést a rádiócsövek felett.* A kiadvány tartalmaz olyan fontos adatokat, mint *Az európai hírszóró állomások hullámhossz táblázata.*

Az ifjúság számára készült kiadványokból érdemes megemlíteni *E. Aisberg: Most már értem a rádiót* című. könyvét (Káldor Könyvkiadó, Budapest 1932.). Fordította: Salgó Ottó (**16. kép**). Ennek volt egy jóval későbbi, modernebb második kötete: *Ilyen egyszerű a rádió!* (Táncsics Könyvkiadó Budapest, 1963.) Fordította: Szabó György.

A gazdasági válság után

1936. márciusban megjelent a *Rádió Technika,* Paskai Bernát szerkesztésében. A lap legtöbb munkatársa az előzőleg ismertetett lapok szerzői közül került ki. Molnár János a *Rádiószerviz,* Jovitza György a *Gramofon* és *Az amatőr boszorkánykonyhája,* Magyari Endre a *Távolbalátás* rovatot vezette és kedvenc témáját, a méréstechnikát folytatta. De voltak új szerzők is: *Kiss Lajos* (HAF 8C) és *Dallos György* a *Rövid hullámokon* című cikkeket írta. Két „régi-új" szerzőről kell külön megemlékeznem.

Zelenka László életéről és munkásságáról *Dr. Falus László* szerkesztésében jelent meg egy könyv [12]. 1902. március 23-án született Tiszolcon, Gömör megyében. 10 éves korában teljesen árva maradt, gyámhoz került, aki a diósgyőri vasgyárban volt tisztviselő. A gimnáziumot végig jeles eredménnyel végezte. 1920-ban beiratkozott a műegyetem gépészmérnöki karára, 1931-ben gépészmérnöki diplomát kapott. A rádiótechnika tanulmányai alatt keltette fel az érdeklődését.

Előbb az EIVRT- ben, majd a különválás után (1929) a Standard-nál dolgozott. Itt rádiókészülékek tervezésével és gyártásával foglalkozott. Ebben az időben a külföldi társvállalatokat látogatta. 1930-ban megalapította a ZL Rádiólaboratóriumot. Egy négyszobás lakásban működött 1943-ig, amikor a Magyar Philips Művek átvette a laboratóriumot. Ekkor Harmathy Lajossal megalapította a *„Zelenka-Harmathy Villamossági Gyárat".* A gyárat 1944-ben bombatalálat érte.

1945 után a cég irodája Zelenka László lakásán, laboratóriuma a Bartók Béla út 51-ben volt. 1949-ben államosították és utána az EMG N. V. Zelenka telepe néven működött. 1950-től a BME Fizikai Intézetében tanársegéd, majd adjunktus lett. 1960. március 4-én hunyt el. Halála után a Rádiótechnikában Molnár János írt nekrológot.

Zelenka irodalmi tevékenységénél fontosabbak konstrukciói és laboratóriuma által gyártott műszerek. A paraméterek részletezése nélkül: térerősségmérő, hordozható erősítő

1. táblázat. Makai István könyvei

Cím	Kiadó	1. kiadás éve
Mikrofon és hanglemez	saját	1939
Korszerű rádiókészülékek rendszere, építése	saját	1941
Rádiótechnika a gyakorlatban	saját	1941
Egyszerű rádiókapcsolások	saját	1944
Rádió hibakeresés, javítás, behangolás	saját	1944
Hangerősítés, hangfelvétel	saját	1944
Villamosság és rádió a gyakorlatban	Népszava	1952
Molnár – Horváth: Általános rádió-vételtechnika	Közlekedési	1954
Kis rádiókészülékek építése, működése	Népszava	1956
Készítsünk magnetofont	Táncsics	1957
A 2 + 1-es	Műszaki	1958
Készítsünk táskarádiót	Táncsics	1958
Kis hangerősítők	Táncsics	1959
Rádiós, villamos tanácsok, megoldások	Táncsics	1960
Makai – Molnár: Rádiótechnikusok kézikönyve	Népszava	1949
Amatőr magnetofon három sebességre	MHS füzetek 6.	1959

17. kép

18. kép

19. kép

a Rádió részére, szignálgenerátorok, hangoló oszcillátorok: ZENITH „1B", ZENITH „2B", nagy szignálgenerátor, hétcsöves katonai vevőkészülék, rövidhullámú vevők: 7-B, 8-A és B, hosszúhullámú vevőkészülék, ultrarövid-hullámú adó-vevő, nagyfrekvenciás mérőhíd.

Cikkeket jelentet meg a műsorújságok rádiós rovataiban Z – L – Rádiólabor közleménye aláírással, az 1934-es Amatőr *Mit építsünk* rovatában Zenith D cimmel ir egy detektoros készülékről, majd 1937-ben a Rádió Technikában egy – később divatba jött – GDO leírását közli *Egyszerű hangoló-oszcillátor házi elkészítése* címmel. A háború után a Rádióévkönyvben és a Rádió Technikában publikált. Könyve: a *Nem villamos mennyiségek villamos műszerei* (MK, 1961) csak halála után jelent meg.

A másik szerző *Makai István* (1904–1970), akinek az életéről sokkal kevesebbet tudunk, de a legnagyobb „rádiós" szerzők közé tartozik. 1933-tól *Az Amatőrben* publikált, amikor Jovitza–Molnár–Nekolny átvette a folyóirat szerkesztését. Felváltva Jovitza Györggyel a *Mit építsünk?* rovatot vezette. A *Rádió Technika* magas színvonalát az biztosította, hogy az egyetlen „rádiós" szaklap maradt. Zelenka László és Molnár János mellett Zakariás Imre, Jovitza György, Magyari Endre irtak cikkeket, és Makai István rendszeresen hozta a legrészletesebb készüléképítési leírásokat. A *Rövid Hullámokon* rovatot továbbra is HAF 8C vezette. Ez a felállás sokáig megmaradt, csak kis változást jelentett, hogy 1938. szeptembertől a fejlécre „Szerkesztik: Jovitza György és Molnár János" került, a szerzők között megtaláljuk *Vörös Rezsőt*, aki *„Echo"* készülékeit ismertette. A két utolsó évfolyam ('43–'44) már egyre vékonyabban (papírtakarékosság), és egyre inkább a háborús körülményekre jellemző tartalmakkal jelent meg (*szárazelemek töltése, elektroncsövek helyettesítése stb.).*

Visszatérve Makai Istvánhoz, újdonság volt az autórádiók építési leírása is, de a kedvenc témája a röntgenlemezekre vágott amatőr hanglemezkészítés lett. 1942-ben ugyan elismeri, hogy *„nehéz időkben hozunk különleges készülékleírást, akkor, amikor az anyag beszerzésében, mint a mindennapi életben akadályokkal küszködünk"* [13]. Mivel a háborús körülmények következtében nem maradt működőképes példány, ma már nem tudjuk megítélni, hogy a készülék és a lemezvágási eljárás mennyire volt újdonság, de a szerző leszármazottai állítják, hogy nemzetközi érdeklődésre számító találmány lehetett volna. A készüléket a rádió kiállítás látogatói kipróbálhatták és a néhány röntgenlemezre készített hangfelvétel a hangarchívumok féltett kincsei közé számítanak [14].

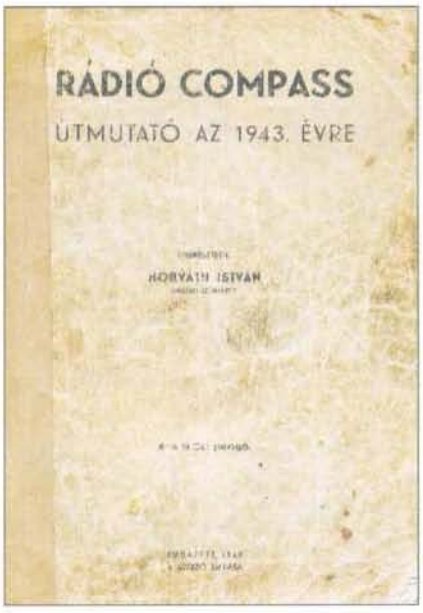
A háború alatt kezdte könyveit irni, többnyire saját kiadásban jelentette meg, később ezekből a könyvekből több kiadás jelent meg. Az **1. táblázat** az első kiadás dátumát és kiadóját adja meg. Helytakarékosság céljából csak három könyvének fotóját közöljük (**17. kép**: *Villamosság és rádió a gyakorlatban*, **18. kép**: *Rádiós, villamos tanácsok, megoldások*, **19. kép**: *Amatőr magnetofon három sebességre).*

A háború után

1946-ban Makai elsőként jelentette meg rádiós témájú szaklapját, a *Rádióvilág*ot, amelynek fenntartása a hihetetlen infláció mellett csak igen nagy áldozatok árán volt lehetséges (**20. kép**). Ennek a lapnak az első évfolyamában ismét felvetette a kétszeres transzponálás gondolatát, de a háború utáni gazdasági helyzet nem kedvezett az ilyen nagyszuperek építésének. Inkább csak a megmaradt háborús csövekből (RV12P2000) lehetett otthon készüléket építeni. A 2. és 3. évfolyamban már egyre több cég hirdetett (Hornyák Szilveszter, ORION, OMEGA Rádió Villamosság stb.). A szerzők között sok régi (dr. Magyari Endre, Zelenka László) és új (Magyari Béla) név jelent meg (utóbbi nem rokona az előzőnek). *Kiss Tivadar*, aki a *Rádióévkönyv* sorozatot szerkesztette 1947-től 1949-ig (Hungária kiadás), szintén irt cikkeket. A *Rádióévkönyvekben* olyan „fontos neveket" olvashatunk, mit *dr. Babits Viktor*, *dr. Simonyi Károly* és olyan témákat találunk, mit a *Mikrohullámú rezgőkörök*, és a *Radar-készülékek*. Makai István irt az *Amatőr hangfelvételekről* és egy kombinált műszerről. *A Rádióévkönyv* négy kiadványban közölte a korabeli rádiókészülékek kapcsolási rajzát.

Még egy sorozatot kell megemlítenem: *Horváth István* a *Rádió Compass*

20. kép



21. kép

22. kép

első négy évfolyamát (1938–'39, '40–41, '41–'42, '43; **21. kép**) szerkesztette (a szerző kiadása), az 1948-as *Rádió Compass* címlapján már *Lamoth Emil* olvasható (Nagy Andor kiadása).–

Makai az egyesítést követően Rádió és fotó Amatőrnek és később a Rádiótechnikának is állandó munkatársa volt. 1957-ben már URH előtét építési előírását közölte és munkabírására jellemző, hogy több magnetofon konstrukció mellett könyvet írt a három sebességes amatőr magnetofonról. Halála után, 1970-ben Molnár János írt nekrológot a Rádiótechnikában.

Az első könyvemlékem ebből az időszakból *V. G. Boriszov A kezdő rádióamatőr* műve (Népszava kiadás 1954., **22. kép**). Jellemző az akkori szegénységre: egy kétkötetes könyvet 6 forintért adni, ma már humorosnak tűnik, de csak erre volt pénzünk. Ezt az 1951-ben írt könyvet átdolgozták a hazai lehetőségekre, csövekre. Előnyös volt, hogy szinte minden alkatrészt otthon, primitív körülmények között lehetett előállítani.

Magyari Béláról már említettem korábban, hogy a *Rádióvilágban* írt cikkeket, míg a Tungsram csak saját csöveinek adatait közölte (*Holló–Magó–Valkó: Tungsram rádió tanácsadó 1944.* EIVRT kiadása), addig Magyari összegyűjtötte a különböző gyárak katalógusadatait és kiadta egy nagyalakú katalógusban: *Rádiócső Atlasz* (Hungária Könyvkiadó N. V. 1948., **23. kép).** 1978-ig még három rádiócső katalógust szerkesztett, mert mindig jelentek meg új típusú csövek.

Az amatőrök és a rádióval foglalkozó szakemberek számára fontos sorozat volt a zsebkönyvek Magyari Béla szerkesztésében. Az első, a *Rádiótechnikusok Zsebkönyve* (Nehézipari Könyvkiadó, 1954.) még az osztrák Ratheiser *„Elektron" Taschenbuch* minta alapján készült (**24. kép**). A *Rádióamatőrök Zsebkönyve* (MK 1960.) előszavában már célul tűzi ki, hogy ne legyen átfedés az előző zsebkönyvvel. A kötet nagy részét a csőtáblázatok foglalják el, de a gyűjtők számára még nagyon sok információt közöl. A 3. átdolgozott kiadás már félvezető adatokat és kapcsolásokat is tartalmaz (MK 1967.). Az utolsó, megkülönböztetésül a *Rádiótechnikai Zsebkönyv* címet viseli (MK 1975.), olyan vastagra sikeredett, hogy már alig nevezhető zsebkönyvnek.

Még egy könyvére hívom fel a figyelmet (*Elektronikus mérőkészülékek a híradástechnikában*, Nehézipari Könyvkiadó, 1953.), ebben közli a háború után hozzáférhető gyári műszerek adatait, kapcsolási rajzát. Minden műszercsoport előtt ismerteti a berendezések működési elvét.

Makai István után szerintem a legnagyobb hatású szerző *Kádár Géza* postafőmérnök volt. Született: 1907-ben Zilahon, meghalt: 1983-ban Budapesten. Apja, idősebb Kádár Géza, református lelkész volt. Zilahon járt gimnáziumba, de Debrecenben érettségizett 1927-ben. Még ebben az évben beiratkozott a budapesti Műegyetem Gépészmérnöki karára. A Romániában letöltött egyéves katonai szolgálat után a Magyar Királyi Postánál helyezkedett el. Miután barátságot kötött Magyari Endrével, Lakihegyen ismerkedett a nagyadóval, majd Fehérváron az öreghegyi adók építését ellenőrizte. A harmincas

2. táblázat. Kádár Géza könyvei

Cím	Kiadó	1. kiadás éve
Hangerősítők	Közlekedési	1951
Bevezetés a rádiótechnikába		1953
Rádió-vételtechnikai ismeretek (Ipari szakkönyvtár sorozat)	Műszaki	1963
Rádió-vevőkészülékek kapcsolása I.		1956
Rádió-vevőkészülékek kapcsolása II.		1960
Rádió-vevőkészülékek kapcsolása III.		1965
Rádió és televízió vevőkészülékek (1956 – 1957)		1958
Rádió és televízió vevőkészülékek (1958 – 1959)		1961
Rádió és televízió vevőkészülékek (1960 – 1963)		1965
Rádió és televízió vevőkészülékek (1964 – 1966)		1967
Rádió és televízió vevőkészülékek (1967 – 1969)		1970
Rádió és televízió vevőkészülékek (1970 – 1971)		1973
Rádió és televízió vevőkészülékek (1972 – 1975)		1976
Rádió- és TV- kapcsolások (1975 - 1977)		1979

23. kép

24. kép

években alakult Rádió zavarvizsgáló egységnél dolgozott. 1937-től a Rádió-tanácsadó és csőmérő szolgálat az V. kerület, Petőfi Sándor utcában kapott állandó helyet. Ide került mérnök vezetőként Kádár Géza. Ekkor írja cikkét a Rádió Compassban: *A rádió vevőkészülékek jóságának megítélése* címmel. A háború végét budai lakásában vészelte át. 1947-ben ő készítette a rádiócső vizsgáló részére az első csőmérőt. 1950 körül megbízást kapott arra, hogy Magyarországon építse ki a vezetékes rádió hálózatot. Ezt lelkiismeretesen végrehajtotta. Ekkor még örültek a falusi emberek a vezetékes rádiónak, mert havi 6 Ft-ért olcsó szórakozást, művelődést jelentett. 1956-ban beválasztották a Munkástanácsba, ezért több hátrány is érte, 60 éves korára nyugdíjazták. Még 15 évig dolgozott a GELKÁ-nál, mint szaktanácsadó. Halála után rövid méltatást találunk a Rádiótechnika 1983. júliusi számában [15].

Könyveit a **2. táblázatban** mutatjuk (**25. kép**: *Bevezetés a rádiótechnikába,* **26. kép**: *Hangrögzítés,* **27. kép**: *Rádió-vételtechnikai ismeretek).*

Szólnom kell még pedagógiai munkájáról. Szakkönyvei egyben tankönyvek is, amelyekben az éppen kiszemelt társaság tudásszintjéhez igazodik, de mindig közérthetően, a matematikai levezetések mellőzésével ír. Jellegzetes módszere, hogy egy-egy fejezet után mindig ír egy bekezdést *„Jegyezzük meg!"* felszólítással. Ebben a további fejezetek megértéséhez szükséges lényeget foglalja össze.

Zárszó

A cikk végén az olvasónak valószínűleg hiányérzete támad, hogy sok híres magyar mérnök, tudós, feltaláló, egyetemi tanár kimaradt az ismertetésből. Kedvenc professzoraim közül *Valkó Iván Péter: elektroncsövek és félvezetők* és *Barta István: Rádiókészülékek és erősítők* is, miközben néhány említett szerző talán érdemtelenül került bele. Ennek egyrészt az oka, hogy a terjedelem korlátozott, másrészt igyekeztem a „rádiós" folyóiratok és az amatőrök számára írt könyvek szerzőit kiemelni. Nem említettem *Sugár Gusztávot,* aki a *Magyar rádiózás történetét* főleg az adóoldalról foglalta össze. Ugyanehhez a témához kapcsolódik *Susánszky László* munkássága is, aki tevékenyen részt vett a műsoradók fejlesztésében, építésében, könyveiben pedig az adók konstrukciós kérdéseivel foglalkozott, igen magas színvonalon.

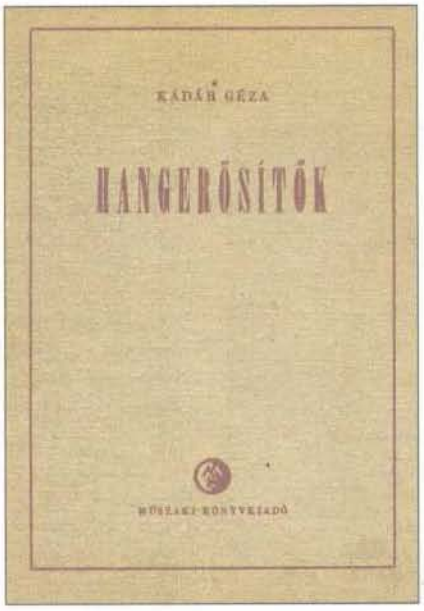
A folyóiratok főszerkesztőinek sokszor áldozatos munkáját kell méltatnom (a „nehéz" ötvenes években a Rádiótechnika első főszerkesztőét, *Füvesi Gyuláét,* majd 1965-ben az őt követő *Stefanik Pálét*). De sokban hozzájárultak a szakmai fejlődéshez azok a névtelen levelezők, akik otthon megépítették az ismertetett készülékeket és megírták észrevételeiket, sokuk pedig önálló ötlettel, konstrukcióval állt elő.

* * *

Irodalom:

1. Dr. L. Graetz: Die Elektrizität und ihre An-wendungen; (J. Engelhorns Nachf. Stuttgart, 1921)
2. Perneky Sándor: Évfordulók 2018. május–június; (Nosztalgia Rádió Hírújság 2018/120. sz.)
3. Dr. Eugen Nesper: Der Radio-Amateur „Broadcasting"; (Verlag von Julius Springer, Berlin, 1924.)
4. Kóger László: Előszó az „Aller" készülékhez; (Nosztalgia Rádió Hírújság 2004. április)
5. Perneki Sándor: Évfordulók 2013. március–április; (Nosztalgia Rádió Hírújság 2013/89. sz.)
6. Molnár György: 70 év a Sándor utcában; (Ajtósi Dürer Kiadó, Budapest, 1998.)
7. Hetényi László (HA5BK): Nekolny Kurt (EWH1; HAF1A; HA1A); (Rádiótechnika 1993/2)
8. Érsek János: Rövidhullámú amatőr rádiózás 1944-ig; (Ajtósi Dürer Kiadó, Budapest, 1993.)
9. Balás B. Dénes: A Gyáli úton tanított Dr. Magyari Endre postamérnök; (Puskás Tivadar Távközlési Technikum kiadványa, Budapest, 2004.)
10. A 10 éves Magyar Rádió 1925 – 1935; (Ajtósi Dürer Kiadó, Budapest, 1995.)
11. Rózsa Sándor: 70 éves a magyar nyelvű rádiós szaklapkiadás; (Rádiótechnika 1994. 11-12, 1995. 1.)
12. Dr. Falus László: Zelenka László, a rádiótechnika úttörője, a „magyar Edison"; (Hírközlési Múzeumi Alapítvány, Budapest, 2008.)
13. Makai István: Hanglemezvágó zenegép; (Rádió Technika 1942. július)
14. Malcsiner Ferenc: Hanggyűjtés és hangarchívum; (Rádiótechnika Évkönyve 1980.)
15. Balás B. Dénes: Évfordulók, 105 éve született Kádár Géza; (Nosztalgia Rádió Hírújság 2012/87. sz.)

25. kép



26. kép

27. kép

Csöves és tranzisztoros hangerősítők

JOHN LINSLEY HOOD

könyvét nem lehet csak egyszerűen elolvasni, annak ott kell lennie a könyvespolcon, hogy bármikor kézbe vehessük „Ebben a könyvben az utóbbi 50 évben kifejlesztett hangerősítő konstrukciókat tekintettem át abban a reményben, hogy az itt található információ hasznos lehet a felhasználóknak vagy a potenciális tervezőknek." – írja a szerző.
A 244 oldalas, B5 méretű könyv ára: 3950 Ft (+ postaköltség).

Audiofil erősítők építése

ÁGOSTON LAJOS

könyvében a külföldi szakirodalmakból ismert, jól bevált és általa is utánépített, együtemű és ellenütemű, csöves, illetve tranzisztoros hangerősítők építési leírásait adja közre, több áramkörnél nyomtatási-rajzzal. A 228 oldalas B5 méretű könyvhöz CD-melléklet is tartozik. Ára: 4490 Ft (+ postaköltség).

Audiofil erősítők építése 2.

Előerősítők, Fejhallgató erősítők

ÁGOSTON LAJOS

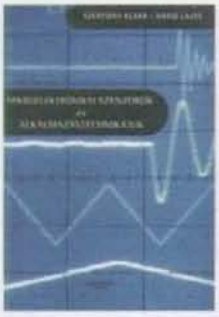
ezen újabb könyvében az első kötethez hasonlóan megépített és jól bevált áramköröket ismertet, nyomtatási rajzokkal és fotókkal illusztrált gyakorlati megközelítésben. A kötet főbb tématerületei: Jelkondicionálók, előerősítők; Csöves és félvezetős RIAA-korrektorok; Csöves és félvezetős fejhallgató erősítők; Néhány fejhallgató márka. A 206 oldalas, B5 méretű könyv ára: 4950 Ft (+ postaköltség).

PIC mikrovezérlők alkalmazástechnikája

PIC programozás C nyelven

Dr. KÓNYA LÁSZLÓ – KOPJÁK JÓZSEF

„A harmadik kiadásban nem kevesebbre vállalkozunk, mint az olvasó számára kellő támaszt adni a hatalmassá bővülő PIC paletta használatához. ... A magas szintű programozási nyelvek használatát ma már nem lehet megkerülni, emiatt kiemelt hangsúlyt fektettünk a C programozási nyelvet elsajátítani szándékozó olvasók igényének kielégítésére." A 400 oldalas B5 méretű könyvhöz CD melléklet is jár. Ára: 4900 Ft (+ postaköltség).



Mikroelektronikai szenzorok és alkalmazástechnikájuk

SZENTIDAY KLÁRA – DÁVID LAJOS

könyvével megkönnyíti a szenzorfajták áttekintését és a kívánt célnak legmegfelelőbb diszkrét vagy integrált szenzortípus kiválasztását. „... a könyvet ajánljuk mindazoknak a mérnököknek, technikusoknak vagy műszaki menedzsereknek, akik a szenzorok gyártás-fejlesztésével vagy gyártástechnológiájával kívánnak foglalkozni, ..."
A 206 oldalas, B5 méretű könyv ára: 2950 Ft (+ postaköltség).

Információ- és képmegjelenítő eszközök

SZENTIDAY KLÁRA – MÉSZÁROS SÁNDOR

„Könyvünk a kép- és információ-megjelenítők legkorszerűbb típusaival ... az – elektronsugárcsöves, – folyadékkristályos, – LED, – vákuumfluoreszcens, – plazmapanel és elektrolumineszcens működési elvű megoldásokkal foglalkozik." – írják a szerzők a kötet Bevezetőjében.
A 346 oldalas, B5 méretű könyv ára: 2950 Ft (+ postaköltség).

Mikrohullámú technika

S. R. PENNOCK – P. R. SHEPHERD

a napjainkban egyre nagyobb és fontosabb szerepet játszó, 1..100 GHz közötti frekvenciatartomány technikáját ismerteti művében. „A mikrohullámú technikával kapcsolatos szakszövegek többnyire két szélsőséget képviselnek: vagy túl szakmaiak, ... a szövegek másik fajtája ... túl általános, így nem elég részletes. Nyilvánvaló szükség volt tehát egy megfelelő széleskörű bevezető könyvre a nagyfrekvenciás és a mikrohullámú technikába, amely kielégítő mélységű a különböző témákban." – írják a szerzők. A 350 oldalas, B5 méretű könyv ára: 4250 Ft (+ postaköltség).

A könyvek megvásárolhatók, ill. utánvéttel megrendelhetők a HAM-bazártól.
Budapest XIII., Dagály u. 11. I. em., H-P. 09 –14, Cs. 09–17 ó.
hambazar@radiovilag.hu (36 1) 239-4932/36 239-4933/36 1550 Bp., Pf. 123 www.radiovilag.hu 5

A LED-es világítás színhőmérséklet-változtatása

Lambert Miklós okl. villamosmérnök, lambert@milambi.hu

A LED-es világítás forradalmian új megoldásokat hozott. Az izzólámpáról csövekre való átállás is jelentős előnyökkel járt, különös tekintettel az energiatakarékosságra és némi élettartam-növekedésre, de számtalan káros tulajdonságát is tudomásul kellett venni. Fénycsöves világítású üzletben pl. nem volt érdemes színes ruhaneműt vásárolni, mert a napfényen sokszor kellemetlen csalódások értek. Már abban a korszakban (ami még ma is tart) feltűnt a színvisszaadás, és színhőmérséklet fogalma. Ez a LED-eknél még nagyobb odafigyelést követel meg. Cikkünkben ezzel a kérdéssel foglalkozunk.

1. Mi a fényforrás színhőmérséklete?

A külvilág tárgyait és történéseit érzékszerveinkkel érzékeljük, az öt főbb érzékszervünk között talán a legfontosabb a szem, a látásunk. A szem a fénysugárzás segítségével érzékel. Az emberi szempár és az agy a külvilágról háromdimenziós képet alkot, amely színes, vagyis a fénysugarakat hullámhossztól függően érzékeli. Vannak ugyan állatok, amelyek bizonyos tekintetben jobb képet alkotnak (élesebbet, térben más elrendezésűt stb.), de az ember létezéséhez a meglevő, az evolúció során kialakult látórendszer elegendő.

A fény érzékelésének tehát két legfontosabb eleme az erőssége és a hullámhossza. A látás során kétféle objektumot különböztetünk meg, a fényforrást és a passzív tárgyakat. A fényforrás fénysugarakat bocsát ki, amely a térben szóródik, megvilágítja a passzív tárgyakat, amelyek felülete részben elnyeli, részben pedig visszaveri a fénysugarakat. A gyakorlatban a két szélsőérték szinte egyáltalán nem fordul elő, azaz tisztán fényt elnyelő, azaz „abszolút fekete" test nincs, a fekete objektum valamilyen mértékben látszik, azaz reflektál is, és abszolút reflektáló felület sincs, bizonyos mértékű fénymennyiséget elnyel. Mindezen törvényszerűségekkel a fizika, a (hullám)optika, valamit a látás fiziológiája foglalkozik. Ahhoz, hogy a cikk mondandóját megértsük, a törvényszerűségeket ismerni kell, erre bőséges szakirodalom áll rendelkezésre ([1], [2]).

A mondandónkban kisebb fontossággal bír a fény elnyelése, ez legfeljebb a megvilágítás energiaigényénél jön számításba, a színhőmérséklet megértéséhez a *reflexió* fontos, és némiképpen a fényterjedés járulékos jelenségei, mint a fényvezetés, fénytörés és hullámkonverzió, amely a megvilágított tárgyak színében módosítást végezhet. Ezekkel a járulékos jelenségekkel itt nem foglalkozunk, adott esetben erre is a vonatkozó szakirodalom adhat magyarázatot.

Vizsgálatunkat tovább szűkítjük, ugyanis a hétköznapi *megvilágítás* alatt mindig *fehér fénnyel* való megvilágítást értünk, ez a természetes, a Nap sugárzása.

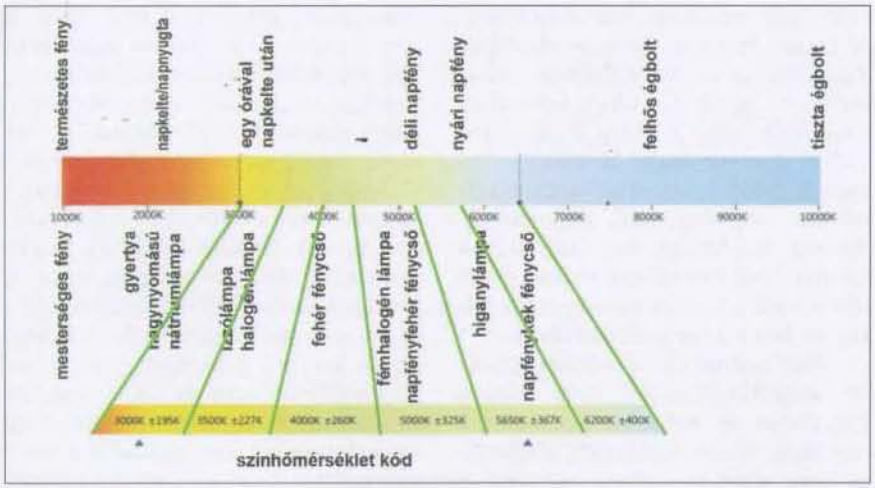
1.1. A fehér fény tulajdonságai

A LED-es világítás fehér fényt sugároz, de hogy tulajdonságait megértsük, röviden át kell tekinteni a fizika elektromágneses sugárzásokról szóló törvényeit. Anyagi világunkban ismerjük a tömeggel rendelkező anyag szerkezetét (legalábbis az eddig feltárt mélységig), és a fizika tanítása szerint a sugárzást is anyagnak tekintjük, hiszen energiát hordoz. A közönséges értelemben vett, azaz tömeggel rendelkező anyag (szilárd, cseppfolyós, gáznemű) atomokból épül fel, de minden esetre tudomásul kell venni, hogy az elektromágneses sugárzás az első, nem atomokból felépülő anyagfajta, amivel az emberiség találkozott.

Ismerjük továbbá, hogy az elektromágneses sugárzás spektruma széles, a rádióhullámoktól kezdve az infravörös hőhullámokon, *látható* és ultraibolya sugárzáson át a Röntgen- és gammasugárzásig tart. Cikkünk témájában a látható fénysugárzásra szűkítjük a tartományt – tehát az elektromágneses sugárzásoknak egy elenyészően keskeny, kb. a 0,4…0,8 μm-es hullámhossz-tartományú szegmensére –, amely jelentős átlapolódást tartalmaz az infravörös és ultraibolya tartományokkal, hiszen a kevert sugárzás folytán a technikában nem választjuk szét szelektíven az egyes összetevőket.

Ismeretes, hogy gyakorlati szakember nem szívesen foglalkozik elméleti kérdésekkel, elsősorban a tapasztalatokra épít, de a tapasztalat útján megmagyarázhatatlan jelenségek megértéséhez némi elméleti megfontolásokat kell figyelembe venni, ekkor kap értelmet néhány kérdés. Ilyen érthetetlennek tűnő téma a LED-ek színhőmérséklete: midőn szakcikkek arról számolnak be, hogy a LED „hideg fényt" sugároz, mi köze hát a hőmérséklethez? Ehhez vissza kell menni a fény keletkezésének hagyományos módjára, az anyagok hevítésére. A felhevített anyag (első sorban fémek) kezdetben sötétvörösen, majd egyre világosabban izzanak, tehát a keletkezett színű sugárzáshoz egy hőmérséklet tartozik. Fizikai értelemben ez a színhőmérséklet, definíciója is erre épül, de ehhez meg kell ismerkedni egy másik fogalommal, az *abszolút fekete test*tel. Az abszolút fekete test egy olyan feltételezett test, amely teljes egészében elnyeli a ráeső hő- és fénysugarakat (semmit sem ver vissza és nem is ereszt át sugárzást). Jellemző elméleti tulajdonsága még, hogy adott hőmérsékleteken több hő- és fényenergiát sugároz ki, mint bármely más test. Az abszolút fekete test tulajdonságait jól megközelíti a belül kormozott falú, zárt, üres doboz falán levő kicsiny nyílás. Az abszolút fekete test sugárzásának, az ún. fekete sugárzásnak a vizsgálata alapján jutott el Max Planck Nobel-díjas német fizikus 1900-ban a kvantumelmélet alapgondolatához. A sugárzást a továbbiakban szűkítsük le a látható fényre, ebből is a fehér fényre!

A fehér szín tulajdonképpen nem egyetlen hullámhosszal, vagy legalábbis szűk hullámhossz-tartománnyal jelle-



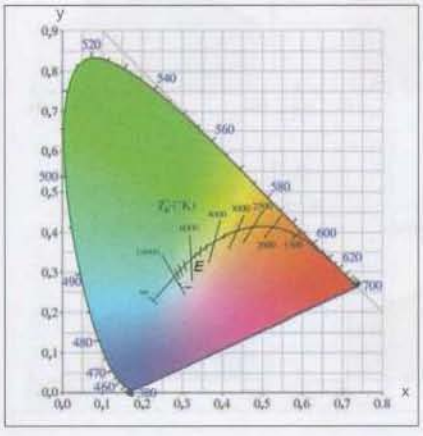
1. ábra

mezhető szín, hanem a legsokoldalúbban összetett szín, ellentétben a szűk hullámhossz-tartománnyal rendelkező önálló színekkel (pl. vörös, zöld és kék, azaz R-G-B alapszínek), vagy ezek diszkrét keverékei. A színspektrumot a természetes fény felbontásával (pl. prizmával) lehet előállítani. A természetes fényben (napfényben) megvan az összes színkomponens. Ezt *fehér fény*nek nevezzük. A fehér fény sem mindig egyforma, még a természetes fehér fény sem. A délelőtti napfényben pl. dominál az ultraibolya tartalom, amely kékes tónust kölcsönöz neki, a lenyugvó nap fényében pedig egyre inkább a vörös kerül előtérbe. A mesterséges fehér fény is sokféle minőségű lehet. A fehér fény minőségének jellemzésére szolgál a *színhőmérséklet*. A természetes fény napszaki változatainak, és néhány mesterséges fényforrásnak a színhőmérsékletét ábrázolja az **1. ábra**.

1.2. A színhőmérséklet

A fénykeltés hagyományos és ősi eszköze az égés, amely a hősugárzás mellett fénysugarat is bocsát ki. A Nap fúziós reakciója is hősugárzás mellett bocsát ki fényt, a gyertya is hasonló jelenséggel sugároz fényt, ezért a korai tudomány az égéssel kapcsolatos vizsgálatokból állapított meg összefüggéseket. A sugárzást ugyanis jellemzi a színösszetétele, amely a hőmérséklet függvényében változik.

Egy fényforrás színhőmérsékletét az általa okozott színérzet és egy hipotetikus feketetest-sugárzó által létrehozott színérzet alapján határozzák meg. Izzólámpák esetében, mivel a fény izzásból származik, a színhőmérséklet jól egybe esik az izzószál hőmérsékletével. A nem hőmérsékleti sugárzás elvén működő fényforrások, mint például a fénycsövek és LED-ek esetében a színhőmérsékletnek közvetlen fizikai jelentése nincsen. Ezért ilyenkor inkább korrelált színhőmérsékletről beszélünk, összehasonlítva a termikus fényforrás hasonló színhőmérsékletével. Elterjedt jelölése a szakirodalomban: *CCT* (*C*orrelated *C*olor *T*emperature).



2. ábra

A fehér fény színe egy hőmérséklettel jellemezhető, amelyet a fényforrás határoz meg. A fehér fényforrás színhőmérséklete definíciószerűen az a hőmérséklet, amelyen az (elméleti fizikában meghatározott) „feketetest" ugyanolyan színű, mint a vizsgált fényforrás, az abszolút nullapontra (0 K-re; –273,15 °C-ra) vonatkoztatva. LED-es fényforrásaink nem égés során bocsátanak ki fényt (ezért is nevezzük „hideg" fényforrásoknak), de a keltett fény milyenségét ugyanezen törvényszerűségekkel magyarázhatjuk.

A színeket szokásosan a CIE szabvány szerint „színpatkóban" ábrázolhatjuk, amely egy síkon jeleníti meg az alapszínek és színösszetevők teljes seregét. A görbe kontúrján az alapszínek, a patkó belsejében pedig az összetett színek találhatók x-y koordinátarendszerben.

Max Planck fizikus rendszerezte a fény színe és a sugárzás hőmérséklete közti összefüggést, az ún. „feketesugárzás" leírásával. Ezt nevezzük Planck-görbének. A görbét a színpatkóban ábrázolva a **2. ábrán** láthatjuk. A tengelyeken a hullámhossz van feltüntetve, nm-ben.

Adott színhőmérséklethez a színek adott aránya tartozik. A színhőmérséklet tehát – amelyet kelvinben fejezünk ki – az abszolút fekete test azon hőmérséklete, amelyen az adott fénynek megfelelő színösszetételben sugároz. A szakirodalomban általában T_c-sel jelölik, egysége K. Kódját úgy képezzük, hogy a D betű után a színhőmérséklet kelvin értékének századrészét írjuk.

A színhőmérséklet a LED-es világítástechnikában alapvető fontosságú paraméter, a színrendszer szabványokban pl. a D65 a 6500 K-es nappali világításra épül. A gyakorlatban használt fényforrások színhőmérsék-

Fényforrás	K	x	y
Melegfehér LED	2700	0,51	0,41
Izzólámpa	2800	0,45	0,40
Semlegesfehér LED	4000	0,38	0,37
Kora reggeli nap	4200	0,36	0,36
Reggeli, délutáni napfény, alacsony napállás	4800	0,35	0,35
Napfény, fehér felhős égbolt	5500	0,34	0,34
Napfény, kék égbolt	5900	0,33	0,33
Kora reggel és késő délután, árnyékban	6000	0,32	0,32
Hidegfehér LED	6500	0,31	0,32
Napfény, délidőben	6500	0,31	0,32
Vakufény	6500	0,31	0,32
Nappal, kissé felhős égbolt	8000	0,30	0,31
Szabadban, árnyékban, délidőben	8500	0,29	0,30
Árnyékban, kék égbolt	10000	0,28	0,28
Árnyékban, mélykék égbolt	12000	0,26	0,26

letét és a színpatkón hozzá tartozó koordinátákat a **Táblázat** tartalmazza.

Mint említettük, a fehér fény nem egyetlen abszolút pont a CIE diagramon, hanem egy tartomány, a hétköznapi gyakorlatban beszélünk *melegfehér*, *semlegesfehér* és *hidegfehér* színekről. Ezt egyértelműen a színhőmérséklettel jellemezhetjük, azaz a fekete test sugárzási spektrumával, amely a kelvinben mért hőmérsékletével jellemezhető. Ismeretes, hogy a fehér fényt sugárzó LED-ek alapjában véve kék vagy ultraibolya fényt sugárzó kristályból, és a közvetlen közelébe helyezett szekunder sugárzó fényporból épülnek fel. A komplex sugárzás fehér fény érzetét kelti szemünkben, bár spektruma a természetes fény spektrumát csak közelíti. Újabb fejlesztések eredményeként speciális fénypor-összetétellel és elrendezéssel jól meg kehet közelíteni a természetes fény spektrumát.

A Planck-törvény matematikai egyenletét itt nem közöljük (a szakirodalomban elérhető), gyakorlati szakembereknek szemléletesebb diagramon való ábrázolása. A **3. ábrán** az abszolút fekete test sugárzási energiáját mutatjuk be a hullámhossz függvényében, a színhőmérséklettel paraméterezve. Ebből látható, hogy a magasabb színhőmérsékletű fény nagyobb energiát (fényerősséget) tartalmaz, ezért LED-gyártók szívesen kínálják az erősen hideg fényű lámpákat, ha jó hatásfokra vágyik a vevő.

A gyakorlatban tehát a fényforrásokat durván három kategóriába szoktuk besorolni:

- Melegfehér:
  CCT < 3300 K
- Semleges- vagy középfehér:
  3300 K ≤ CCT ≤ 5300 K
- Hidegfehér:
  CCT > 5300 K

A melegfehér az otthoni világítás kedvelt színhőmérséklete, a semleges fehéret (angol nevén szokásosan: daylight) munkahelyeken, hivatalokban, iskolákban és egyéb nyilvános termekben használják, míg a hidegfehéret (első sorban hatékonysága és relatíve kis energiaigénye miatt) külső terek, raktárak stb. megvilágítására alkalmazzák. Az utak és közterek megvilágításának színhőmérséklete erősen vitatott, a későbbiekben ismertetett szempontok játszanak közre a megválasztásában.

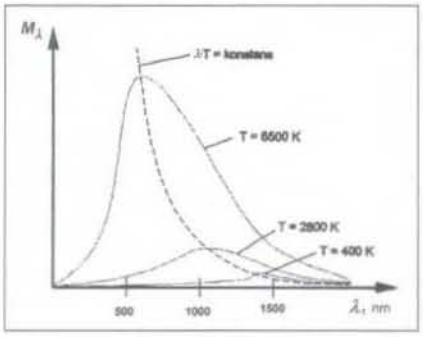
Mint említettük, a színhőmérséklet megválasztásában nem csupán fogyasztás és hatásfok szempontjai döntenek, hiszen látásunkra alapvetően kihat, ezért az élettani hatásokat is vizsgálni kell a választáskor.

1.3. Színvisszaadás, élettani hatások

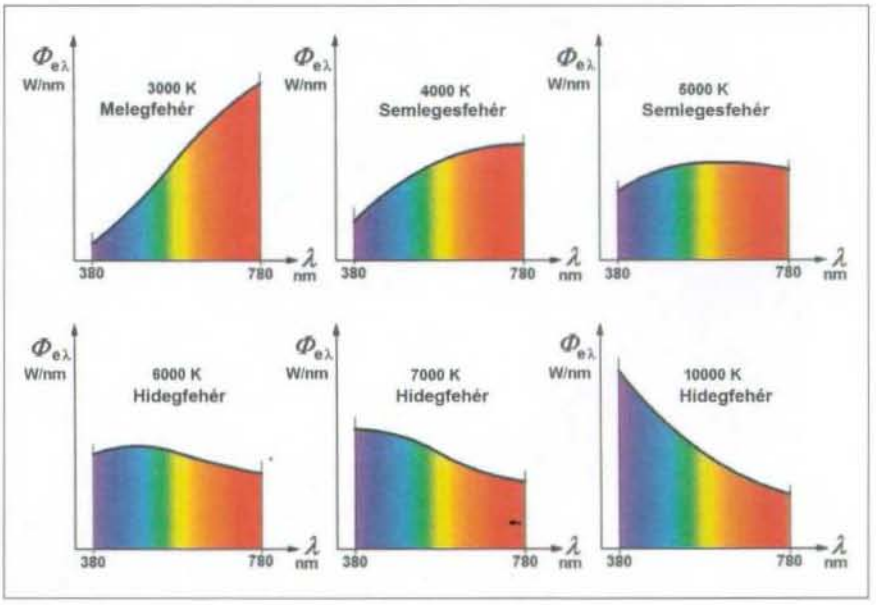
Ismeretes, hogy a színlátásunk alapja a színvisszaadás, hiszen mint említettük, a tárgyak színének érzékelése nem más, mint a fényforrás fényével megvilágított tárgy felületéről visszavert sugárzás érzékelése. A reflexió viszont hullámhosszfüggő, ezért az egyes tárgyak színét a fényforrás színspektruma határozza meg. Különösen a mesterséges fényforrásoknál fontos a kisugárzott színspektrum, és a színhőmérséklet. Mindennapi esetnek számít, hogy a boltban levő világítás mellett kiválasztott ruha színe más napfényen, az otthoni fényben, vagy más helyen.

A korábbi fényforrásoknál a technika nem tette lehetővé, hogy a kisugárzott színspektrummal sokat foglalkozzunk, elsődleges volt, hogy a természetes fényt pótolva egyáltalán lássunk, hiszen a szem adaptációs képessége az „apróbb" eltéréseket áthidalni látszott. Izzólámpáknál voltak törekvések a minél fehérebb fény előállítására (pl. Tungsraphot izzók fényképészeti célra túlfeszített izzószállal, halványkék búrával, és persze emiatt csupán pár száz órás élettartammal), a kisülőcsöveknél inkább az energiafogyasztás, hatásfok dominált, és a megfelelő fénypor összetétellel próbálták a színhőmérsékletet és színvisszaadást kézben tartani. A LED-ek megjelenése szükségszerűen fontossá tette a színvisszaadást, hiszen összetett rendszerekkel tetszőleges színspektrumot tudunk előállítani, a színvisszaadást is kezdték tudományosan feldolgozni.

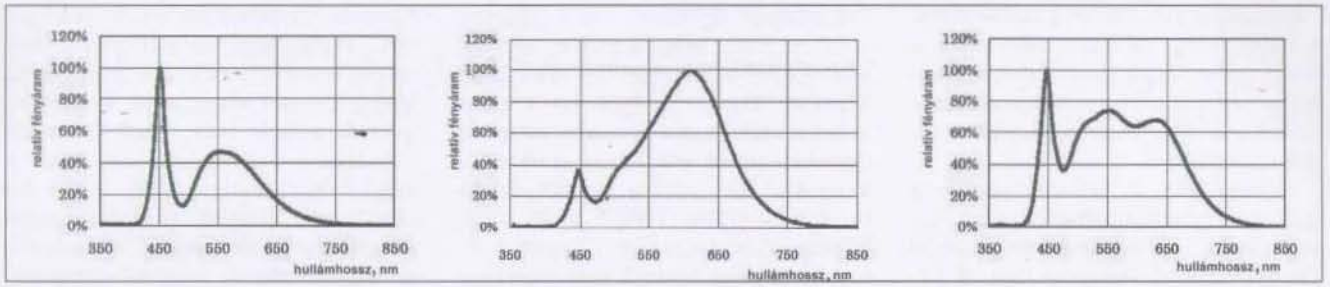
A színhőmérséklet emberre gyakorolt hatását több mint 70 éve kutatják. A fény színhőmérséklete kihat a közérzetünkre, idegrendszerünkre és befolyásolja a *cirkadián ritmusunkat* („napi biológiai óránkat") is. Mindezek miatt célszerű a munkahelyünkön, otthonunkban (és minden más területen, ahol sok időt töltünk) az optimális színhőmérséklet meghatározására kellő időt fordítani, és megfelelő színhőmérsékletű fényforrással megvilágítani tevékenységi területünket. A hétköznapi alkalmazásokat tetézte, hogy bizonyos megvilágítások – a színvisszaadás torzítása mellett – energiatartalmukkal maradandóan megváltoztathatják a megvilágított felület anyagát és színét, ami első sorban festményeknél okozott maradan-



3. ábra



4. ábra



5. ábra

dó károsodásokat, ennek tipikus példája volt a Sixtus kápolna freskóinak megvilágítására kidolgozott speciális LED-es világítás.

A **4. ábrán** láthatjuk a különböző színhőmérsékletek sugárzási diagramját, a [3] alapján. A színhőmérséklet a LED-es világítástechnikában nagyon fontos, a fénypor adagolással adott felhasználási területre megfelelő színhőmérsékletű LED-ek gyárthatók.

A látásunk első része tehát a fényforrás színhőmérséklete és annak eloszlása, a második rész a visszavert fény retinára gyakorolt hatása, amely hullámhossz-, azaz színfüggő. A világítástechnika erre is adott mérőszámot (sokfélét, és a mai napig is megjelenik a szakirodalomban egy-egy új definíció, ami mind jobban igazodik a valósághoz). Az olvasó a szakirodalomban talál több színvisszaadás mérését megvalósító faktort, mi itt most a gyakorlatban legjobban elterjedt (és szabványosított) CRI-t használjuk. A CRI (*C*olor *R*endering *I*ndex, a szakirodalomban R_a-val is jelölik) olyan – százalékban kifejezett – mérőszám, amely a fényforrás azon képességét fejezi ki, hogy az mennyire alkalmas az ideális vagy természetes fényforráshoz képest a valósághű színvisszaadásra. A fénycsövek CRI értéke minőségtől függően 70 és 90% között van, a korszerű LED-es világítótesteké tipikusan 90% fölötti és az etalonnak számító izzólámpa 100-as értékét közelíti. Speciális LED-es megvilágításnál ez az érték megközelíthető, gyakorlatilag elérhető, igényes helyekre garantált 98%-os LED-es világítótesteket ajánlanak, ennek azonban ára van. Ha ugyanis a fényforrás spektrumának völgy-pontjaiban megfelelő erősséggel és hullámhosszon sugárzó LED-et működtetünk és optikával additíve keverjük, a hiányzó színkomponensek megjelennek, és nem okoznak megvilágítás hiányt az adott színtartományban, tehát a CRI értéke megnő. Az **5. ábra** LED-es világítótestek spektrumát mutatja.

Az ábrából látható, hogy amíg a hidegfényűnél a primer sugárzó kék LED fényereje dominál (a), addig a melegfényűnél a szekunder sugárzó fényporé (b), a CRI-re optimalizált LED-eknél (c) a kettő arányát, és a szekunder sugárzó fénypor összetételét megfelelő arányban alkalmazzák, egy lehető egyenletes sugárintenzitási tartomány létrehozására. A fénypor alkotóelemei, adalékolása és gyártástechnológiája a gyártó cégek szigorúan őrzött titkai. Mind a színhőmérsékletre, mind a CRI-re – nagyobb darabszám esetén – válogatás kérhető, amelynek ára igen magas, sokszor nem viseli el az adott alkalmazás. Már itt is mutatkozott az igény a színhőmérséklet hangolhatóságára. A görbékből az is látható, hogy a spektrum közepén völgy van (angolul nevezik green gap-nek is), ezért a kutatások olyan fényporok felfedezése irányába folynak, hogy minden fehér LED alapja, a kék LED és a szekunder sugárzó spektruma közötti űr betöltése, ami egyenletes sugárzási spektrumot, vagyis ideálishoz közeli CRI-t eredményezne. Addig viszont az elfogadható kompromisszum a megoldás.

A magasabb CRI értékért sajnos nemcsak a LED felárával kell fizetni, hanem a fényhasznosítási hatásfokkal is. A kvantummechanikán és fotometrián alapuló maximális elméleti hatásfok 683 lm/W, 555 nm-es (zöld) fénynél. A LED-ek megjelenésekor tipikusan 1 lm/W alatti értékeket mértek, a mai világítási célú LED-ek fényhasznosítási hatásfoka 200 lm/W fölé emelkedhet (fejlesztési laborpéldányoknál olvashatunk 240 lm/W-ról is), de tipikusan 80…150 lm/W körül van. A fényhasznosítási hatásfok lényeges kérdés, akár egy zseblámpaelem élettartamáról beszélünk, akár egy utca világításáról! Megjegyzendő, hogy a fényhasznosítási hatásfok nem azonos a világítás hatásfokával, ez utóbbit csökkentik az optikai és villamos hatásfokok.

Hogyan befolyásolja a megvilágítás színhőmérséklete a környezeti tárgyak színét? Irodalmi forrás beszámol egy kísérletről, amely során teljesen sötét helyiségben készítettek fotókat egy kaktuszról, különböző mesterséges megvilágítások mellett (**6. ábra**), a fényképezőgép beállítása és a képek utólagos változtatása nélkül. A különböző színhőmérsékletű fények leginkább a terrakotta cserép peremén és a kaktuszon láthatók. Az első képen hidegfehér fénnyel világították meg a tárgyat. A hidegfehér valójában egy hófehér fény. A második kép természetes fehér megvilá-

6. ábra

gítású, ez áll egyébként legközelebb a napfényhez. A harmadik képet a melegfehér fényű megvilágítás eredményezte. Ez a klasszikus izzószálas és halogén fényforrások sárgás színéhez hasonlítható.

Visszatérve a látásra, hiszen a technikai megfontolások mind ezt szolgálják, a kérdést ergonómiai szempontból is vizsgálni kell. A különböző színhőmérsékletek befolyásolják az ember hőérzetét és koncentrálóképességét. Tradicionális okokból a színhőmérséklet fordított hőmérsékleti asszociációkat okoz. A kékebb árnyalatok, bár magasabb színhőmérsékletűek, alacsonyabb hőmérséklet érzetét keltik. Hasonlóképp a vörösebb árnyalatok melegebbnek tűnnek. Ennek oka, hogy a vörössel az izzást, a tüzet hozzák összefüggésbe, míg a kékkel inkább a jeget, illetve a vizet. Ezért hideg munkahelyeknél az alacsonyabb színhőmérsékletű (melegfehér), míg meleg munkahelyeken inkább a magasabb színhőmérsékletű (hidegfehér) árnyalatokat alkalmazzák. További hatása, hogy a melegebb árnyalatok pihentetőbben hatnak, míg munkahelyeken a hidegebb fehér árnyalatokat használják, amellyel segítik a koncentrációt. (*A szerkesztő megjegyzése*: a témát részletező kitűnő szakkönyv jelent meg 1990-ben *Nemcsics Antal* tollából, *Színdinamika* címmel.)

A világításnak közvetlen hatása van a cirkadián ritmusunkra, azaz az éber, aktív cselekvő élet és a pihenés arányára, ezek határaira. A modern életben az éjszakai élet, késő estig, vagy éjszaka végzett munka, stb. moderálható, befolyásolható a világítás alakításával is. A hidegfehér fényben több a kék hullámhossz, mint a melegfehérben. Az emberi szemben található ganglion sejtek kék hullámhosszakat érzékelve jelet küldenek az agyalapi mirigynek, amely először csökkenti, majd leállítja a melatonin („alvás hormon") termelését. Melatonin-szintünk csökkenésével élénkek és éberek leszünk, míg a hormon újra termelésével és felhalmozásával ismét elálmosodunk. Így, ha otthonunkban hidegfehér színhőmérsékletű fénnyel világítunk lefekvés előtt, akkor előfordulhat, hogy nehezen fogunk tudni elaludni. A melegfehér fényben kevesebb a kék hullámhossz (több viszont a zöld és/vagy piros). A kék hullámhosszak arányának csökkenése azt is jelenti, hogy ganglion sejtjeink eljuttatják ezt az információt agyunkba, ahol újra beindul a melatonin-termelés, aminek következtében könnyebben elalszunk. Mindez fordítva is igaz: ha a munkahelyünkön a mesterséges világítás dominál (azaz elenyésző a Napból származó fény) akkor ne válasszunk túlságosan meleg (3000 K alatti) színhőmérsékletű lámpákat, mert azok álmosító hatással lesznek ránk. Ilyenkor a szervezetünket „becsapja" a mesterséges világítás melegfehér színhőmérséklete, és idő előtt beindul melatonin termelésünk.

Hogyan gondolkodik a munkáltató? A mai modern dolgozó emberek életük közel 80%-át töltik az irodában. Tanulmányok kimutatták, hogy megfelelő világítás évente 2 nappal csökkenti a betegszabadságot, míg a dolgozók termelékenységét 4%-kal növeli. Számos vállalkozás megtermelt értékének 80...90%-át a munkavállalók adják, így nem kérdés, hogy a jó munkakörnyezetre szükség van.

Az emberközpontú világítás fontos tényező, amely képes növelni az emberek jólétét az irodai környezetben. De hogyan lehet emberközpontú a világítás? Ennek egyik eszköze a szabályozható színhőmérséklet, ami lehetővé teszi, hogy a napfény dinamikáját leutánozzuk a beltérben. A szabályozható színhőmérséklet biztosítja, hogy reggel és délelőtt hidegebb fehér, míg estefelé melegebb fehér megvilágítás legyen, igazodva az emberek bioritmusához. Ezt a színhőmérséklet-változtatást a világításvezérlés automatikusan magától végzi a megadott időpontokban.

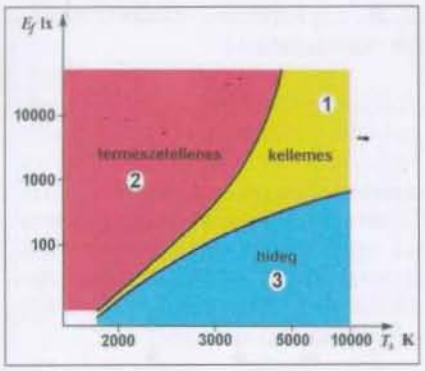
Természetesen óvakodni kell az ellenkező véglettől is, azaz hogy a világítással támogassuk, hogy legyünk mindig éberek, amelynek negatív élettani hatásait itt nem részletezzük, de belátható, hogy alvásra, pihenésre regenerálódásunk érdekében szükségünk van. Az egészséges arányt orvosilag kell meghatározni, a technika csak segít ennek elérésében.

A világítás és a környezet hőmérsékleti hatása is összefüggésben vannak. Magas környezeti hőmérsékletű helyeken (pl.: kohászat, pékség, trópusi országok) előnyben részesítik a hidegfehér fényforrásokat, alacsony környezeti hőmérséklet esetén (pl.: hűtőkamrák, skandináv országok) a melegfehér fényforrásokat alkalmazzák előszeretettel.

Hangulati hatással vannak ránk a helyiségben/területen levő felületek színei is. Olyan térben, ahol elsődlegesen a meleg színek uralkodnak (piros, sárga, narancs), célszerű melegfehér fényforrásokat alkalmazni, hideg környezeti színek (kék, ibolya) esetén a hidegebb színhőmérsékletű fény a megfelelő. Megfigyelhető, hogy ékszerboltok kirakati megvilágítására aranytárgyak domináns összetétele esetén melegfehér fényt alkalmaznak, míg ezüst és krómozott, nikkelezett tárgyak esetén inkább a hideg, vagy semleges fehér fényt sugárzó lámpák alkalmazása célszerű. Hasonló megfontolások vannak az élelmiszerek, ruhaneműek megvilágításánál is.

A színhőmérsékletnek pszichológiai hatásai is ismeretesek. A melegfehér fény inkább nyugtató, ellazító hatású, míg a hidegfehér fény stimuláló, serkentő hatást vált ki. Ennek ismeretében például egyes gyorséttermek előszeretettel alkalmaznak hidegfehér fényforrásokat nagy megvilágítási szint mellett, serkentve ezzel a fogyasztókat arra, hogy minél gyorsabban fogyasszák el menüjüket, és adják át helyüket az újabb vendégeknek. Az exkluzív (magasabb árfekvésű) éttermekben azonban nem a gyors vendégcsere a cél, hanem az, hogy a vendég minél több időt töltsön el az étteremben. Ennek érdekében melegfehér fényforrásokat alkalmaznak viszonylag kisebb megvilágítási szint mellett. A színhőmérséklet pszichológiai hatásait nemcsak a kereskedelemben, de az ipari termelésben is lehet alkalmazni. Vizsgálatok bizonyítják, hogy nagyobb színhőmérsékletű fényforrások esetén a termelékenység növelhető. Ez gazdaságilag előnyös lehet, de a dolgozók túlzott „stimulálása" hátrányokkal is járhat. Ennek ismeretében már vannak olyan munkahelyek, ahol a napszakhoz és a munkafolyamatokhoz illeszkedve folyamatosan változtatják a világítás színhőmérsékletét (ezt nevezi a szakirodalom „emberközpontú világításnak"). Munkakezdéskor és a munkaidő végén a melegfehér szín az uralkodó, amíg a munkaidő többi részében a stimulálás érdekében az alacsonyabb színhőmérsékletet alkalmazzák.

A fentiekből kitűnik, hogy az optimális színhőmérséklet-választás nagyon fontos. Ennek megvalósítására is vannak elvárások. Nem szerencsés, ha egy adott térben – a színhőmérséklet beállítására – eltérő színhőmér-



7. ábra

sékletű fényforrásokat alkalmazunk. Egy térrészben ugyanolyan színhőmérsékletű fényforrásokat kell alkalmazni, amennyiben a fényforrásokra közvetlen rálátás nyílik. Amennyiben a színhőmérséklet változtatását (keverését) különböző fényforrásokkal oldják meg, úgy gondoskodni kell arról, hogy a „színkeverés" valamilyen diffúz (szóró) felület mögött történjen meg úgy, hogy az eltérő színhőmérsékletű fényforrások önállóan ne legyenek felismerhetők.

A színtani tulajdonságok elemzésénél meg kell említenünk azt a tényt is, hogy a színhőmérséklet a látási folyamatokat is befolyásolja. A látásélesség növelésére elsődlegesen a melegfehér fényforrások hatnak kedvezően, míg az észlelés sebességét a hidegfehér fényforrások alkalmazásával növelhetjük. Ebből következően olyan helyeken, ahol az észlelés sebessége fontosabb, mint a látásélesség (pl. jégkorong), a hidegfehér fényforrásokat kell előnyben részesíteni. Ezt a legújabb szakmai kutatások is alátámasztják, aminek értelmében hidegfehér fényforrások alkalmazása esetén kisebb megvilágítási szint alkalmazása is megfelelő lehet indokolt esetben. A kérdés nagyon fontos az utak megvilágításában, az autóvezetők szempontjai szerint. A manapság elterjedt sárga fényű nátriumlámpákat örömmel váltjuk ki semlegesfehér, vagy hidegfehér fényű LED-es világítótestekkel, azonban tudomásul kell venni, hogy a vezető reakcióképessége javul, de a látásélesség csökkenhet, nem beszélve a zavaró és rontó káprázlatásról ([4]).

És hogy teljesebb legyen a kép világítástechnikai szempontból, a megvilágítás szintje is kapcsolatban áll a színhőmérséklettel, és ezen keresztül a teljes világítási komfortérzettel. Ennek megfelelően a mai lámpaválaszlékból a világítástechnikus ajánlata és Kruithof vizsgálatai alapján **(7. ábra)**:

a. 300 lux megvilágítás alatt 2500...3000 K
b. 300...500 lux között 3000...4000 K
c. 500...1000 lux között 4000...5000 K
d. 1000 lux fölött 5000 K-est vagy hidegebb színhőmérsékletet válasszunk.

A mesterséges megvilágítás tervezésekor érdemes a természetes megvilágítás-színhőmérséklet párosításokat követni, akkor komfortérzetünk megfelelő lesz, kellemetlen mellékhatásokkal nem kell számolni. A Kruithof-diagram irányadó lehet. De mi is ez részletesen? Nem véletlenül a (neves) gyártók LED-es retrofit „villanykörtéi" nagyrészt melegfehérek, ma már (szinte kötelező, de legalább is ajánlatos jelleggel) feltüntetik a csomagoláson a színhőmérsékletet. (sokszor persze túlzásba is esnek, hiszen munkához, olvasáshoz stb. semleges fehér színhőmérsékletű lámpa kellene, és főként északi országok szaküzleteiben szinte kizárólag 2700 K-est tartanak).

Gyengébb megvilágítási igény mellett a meleg(ebb) színhőmérséklet ajánlott. A természetben a színhőmérséklet csökkenésével a megvilágítási értékek is folyamatosan csökkennek. Otthonainkban kis teljesítményű világítóberendezéseket alkalmazunk, és ennek megfelelően a megvilágítási szintek is kicsik (50...300 lux). Ilyen megvilágítási szintekhez hidegfehér fényforrásokat választva (5300 K fölött), kifejezetten káros hatásnak teszszük ki az idegrendszerünket. A természetben sem fordul elő kis (300 lux alatti) megvilágítás és magas színhőmérséklet együttesen. Késő délután már csak ~2500...3500 K közötti a napfény színhőmérséklete, napnyugtakor pedig lemegy egészen 1800 K-ig.

A 7. ábra diagramja az ajánlott párosítások területeit mutatja. Célszerű az ① jelű területről választani. A ② jelű területről választott színhőmérsékletű lámpa nincs negatív hatással idegrendszerünkre, de természetellenes hatást, rossz komfortérzetet kelt. A ③ jelű területet kerüljük, a természetellenes érzeten kívül negatív hatással van idegrendszerünkre!

Ezek után feltehetjük a kérdést, milyen színhőmérsékletű legyen a kültéri világítás, amely (főként gazdaságossági okokból) gyorsan terjed, nálunk is. Érdemes a külföldi tapasztalatokat számba venni.

A világsajtó is foglalkozott a Rómában történt világításkorszerűsítés után kialakult elégedetlenségről. Ennek okai egyszerűek és némi figyelem ráfordításával kiküszöbölhetők, elkerülhetők lettek volna. Ki ne ábrándozott volna arról, hogy egy kellemes nyár esti sétát tesz Róma romantikus belvárosában? A helyi lakosok szerint azonban a város új, LED világítással ellátott részei elvesztik varázsukat, időtlenségüket. Sokan szúró, túlságo-

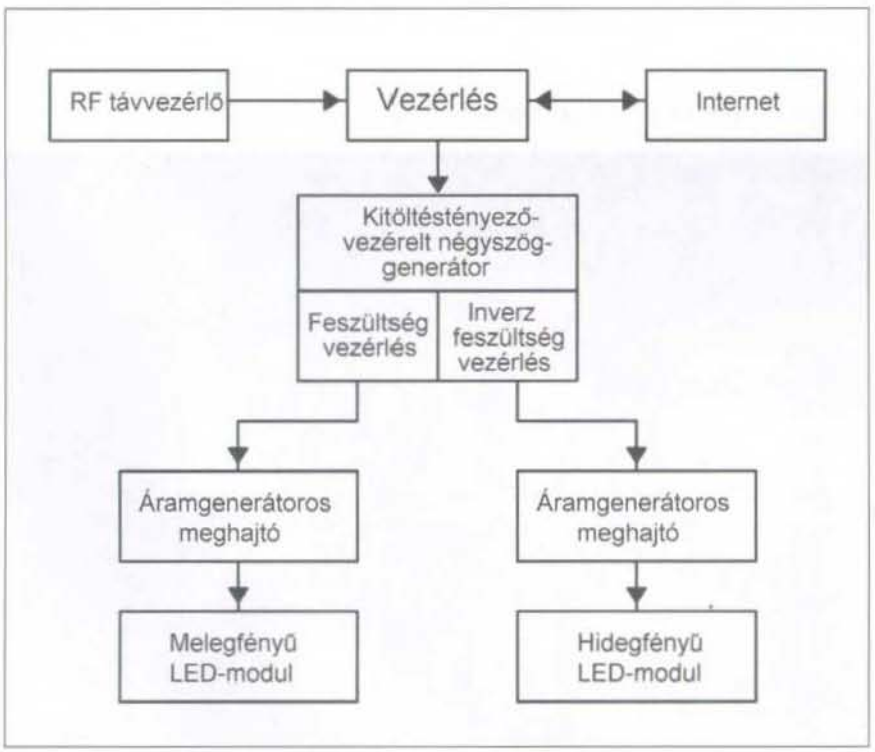
8. ábra

san ragyogó fényre panaszkodnak. Hibának tartják ezt a világításkorszerűsítést, és úgy vélik, hogy a város megszokott arculatát elrontja az újfajta fényár. Az eddig használt nátriumlámpák sejtelmes, aranyló, meleg fényt bocsátottak ki, ezeket váltották ki Los Angeles-i mintát követve, jóval takarékosabb és modernebb, ám hideg fényű LED fényforrásokra. Nem csoda, hogy a változás mellbevágó, hiszen hatalmas a különbség közöttük! Nemcsak a közvilágítás, bármely világítás jobban befolyásolhatja életünket, mint gondolnánk, nem is véletlenül érzik a változásokat kellemetlennek a rómaiak (**8. ábra**).

A kérdés gazdasági része egyszerű: legyen energiatakarékos és hosszú élettartamú, de milyen legyen színhőmérséklete? Melegfehér árnyalatok (3000 K alatti) nem okoznak szemfáradást, káprázást, látásproblémákat, amelyek egy autóút, gyalogos- és kerékpárforgalom esetén balesetveszélyesek is lehetnek. Komfortérzetünk is jobb lesz, nem érezzük élesnek a lámpafényt. A római példán is jól észrevehető, hogy a hideg fény milyen kellemetlennek, ridegnek hathat kültéren. A meleg fény nem zavarja meg alvásritmusunkat és kevésbé befolyásolja a környezetünkben élő állatok (pl. madarak) életvitelét. Több felmérés is készült, hogy a nem teljesen lesötétített szobákba beszűrődő újfajta, hidegebb fény nehezíti a pihentető alvást.

A modern melegfehér LED fényforrások fényhasznosítása alig 10%-kal marad el a hidegebb változatokkal szemben, a döntéshozóknak érdemes megfontolni városon belül a melegebb színárnyalatok használatát.

Az elmondottakból kiderül, hogy korszerű világításnál nem elegendő a megvilágítás erősségének vezérlése (az izzólámpáknál megszokott triakos dimmerrel), hanem jó lenne a fényforrás színhőmérsékletét is szabályozhatóvá tenni. Eddigi fényforrásainknál erre nem volt lehetőség, a LED-eknél viszont „megszoktuk", hogy minden paraméter változtatható. Igaz ez a színhőmérsékletre is? Sajnos, az egyes LED-ek színhőmérséklete nem változtatható, hiszen a kék fénysugár útjába helyezett fénypor összetételét kellene változtatni, ami lehetetlen. Mégis van lehetőség, hiszen ismeretes, hogy a fényforrás sok LED-ből (SMD, vagy chipszintű integrált COB formában) áll, amelyek összhatásukban szolgáltatják a fényt, és a hidegfényű és melegfényű csoportok arányvezérlésével az összhatás színhőmérséklete változik. A technika napjainkban is fejlődik, a következő részben bemutatjuk a mai állapot szerinti megoldási lehetőségeket.



9. ábra

2. A fényforrások színhőmérséklet-változtatása

A fejezetcímben nem véletlenül használjuk a „változtatást", ami egy kezelőszervvel (potenciométerrel, távirányító/mobiltelefon nyomógombjával, képernyős érintésével) *vezérlés* lehet, de egyedi, vagy épületautomatizálási hálózat (DALI, KNX) alkalmazásával *szabályozás*sá képezhető ki. A lényeg a beavatkozási módszer.

Sok esetben nem törekszünk egyetlen fényforrás, világítótest színhőmérsékletének változtatására, részint azért, mert drágább megoldás, részint pedig az adott alkalmazás nem is igényli. Egy átlagos nappali szoba mennyezetvilágítása lehet pl. semleges fehér, az íróasztali lámpa hideg fényű, míg a beszélgető sarok kávézóasztalát melegfényű állólámpa világítja meg. Tágabb értelembe véve a megfelelő lámpa bekapcsolása is színhőmérséklet-szabályozás, bár itt legfeljebb a fényforrások megválasztása adja a megoldást. Ezek egyedi dimmerelése is megvalósítható, de – mint korábban leírtuk – a két-három, eltérő színhőmérsékletű világítótest együttes alkalmazása nem kívánatos, kellemetlen komfortérzetet kelt, az ilyen rendszer nem alkalmas környezeti színhőmérséklet beállítására. A komfortigények növekedésével az intelligens elektronikára fordított költségek növekedését mindinkább elfogadjuk, ma már nevesebb gyártóknál elérhetőek az egyedi lámpák színhőmérséklet-szabályozhatósága. A pipereasztali világításnál, pl. borotválkozáshoz hidegfény ajánlatos, míg a sminkelés a melegfényt részesíti előnyben, a két szélsőérték közötti végtelen sok állítási lehetőséggel.

Lássuk tehát, milyen színhőmérséklet-változtatási lehetőségek állnak rendelkezésre LED-es világítótesteknél, és milyen lehetőségei vannak az amatőrnek!

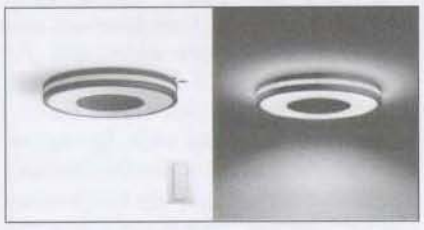
Felismerve a piaci igényt, a vezető lámpafejlesztők és gyártók ráálltak a témára, és akinek bírja a pénztárcája, igazi profi megoldásokat vásárolhat. A késztermékek széles kínálatából két vezető cég gyártmányát mutatjuk be, ezeket azonban házi eszközökkel nem lehet előállítani, a működésmód miatt viszont érdemes egy pillantást venni rájuk. Akinek viszont kedve van a kísérletezéshez, és amatőrgyakorlata van, alkatrész-szinten elérhető a japán Citizen LED-modulja, vagy szalag

formájú LED-sor, amihez magunk készíthetünk meghajtó áramköröket, és csak a fantázia szab határt vezérlések kialakítására.

Mi a lényege ezen rendszerek működésének? Alapjaiban semmi újszerűséggel nem találkozunk, az ismert megoldások célszerű kombinációja mellett. Ha abból indulunk ki, hogy az adott teret egy hidegfényű és egy melegfényű lámpa egyenlő fényerősséggel képes megvilágítani, akkor a hidegfehér bekapcsolásával hideg, a melegfehér bekapcsolásával pedig meleg színhőmérsékletű megvilágítást kapunk, a két megvilágítás együttes működésével pedig semleges fehéret, de a megvilágítás szinten tartásával ekkor mindkettőt fél-energiával kell működtetni. Tudvalévő, hogy a LED-es világítás fényerősségének csökkentésével a színhőmérséklet nem változik, a megoldás kézenfekvő: a két lámpa fényerősségét ellentétes intenzitásvezérléssel működtetve az eredő színhőmérséklet a két végérték között változik. A folyamatot – célszerűen kapcsolóüzemben működő meghajtással – a **9. ábra** tömbvázlata mutatja.

A LED-eket meghajtó elektronika ismert elven működik, a célszerűségnek megfelelően összerakva. A két LED-egységet egy-egy áramgenerátor hajtja meg, amely 0 és 100% között vezérelhető, a két vezérlőegység pedig az áramgenerátorokat ellentétes irányban vezérli. A központi vezérlőegység legegyszerűbb esetben egy potenciométer, de tetszőleges idővezérlés, napszak-vezérlés, vagy egyéb paraméter szerinti vezérlés adhatja az alapjelét, akár közvetlenül huzalosan, akár rádiófrekvenciásan, vagy digitális hálózaton keresztül (internet, KNX, DALI stb.) is.

A lényeg tehát a két távoli színhőmérsékletű (2700 K és 6500 K) LED-csoport modul, amelyek meghajtó áramát ellentétesen vezéreljük, a jó hatásfok érdekében célszerűen kapcsoló üzemmódban, ez pedig az impulzuskitöltési tényező vezérlését jelenti.



10. ábra

A komplett világítóegységnél két dologra kell figyelni, a kétféle színhőmérsékletű LED-csoport kevert fizikai elrendezésére és a kisugárzott kevert fény diffúz szűrésére.
Nézzük a megoldásokat!

2.1. Philips színhőmérséklet-vezérelhető világítótest

A Philips is piacra dobott néhány színhőmérséklet-vezérelhető világítótestet. Dizájnjában korszerű, a népszerű „ufo" lámpák stílusában készülő Hue Being mennyezeti lámpát kikapcsolt és bekapcsolt állapotában a **10. ábra** mutatja.

A lámpa a fali kapcsolóról fényerősség- és színhőmérséklet-vezérelhető, de ugyanezek rádiós kapcsolattal 2,4 GHz-en egyedi távvezérlővel, vagy WiFi és ZigBee internetes hálózaton akár a mobiltelefonra telepített applikáció segítségével is végezhetők, sőt ezen a rendszeren keresztül a ház/lakás automatikus intelligens vezérlése és távvezérlése is megvalósítható. A vezérlési megoldással a cikkben nem foglalkozunk, csak az elérhető világítás-változtatással. Az ajánlati reklámszöveg az eddig elmondottakat idézi:

„Lazíts, olvass, koncentrálj és töltődj fel fénybeállítások segítségével. A fény befolyásolja hangulatunkat és viselkedésünket. A Philips Hue segítségével élvezetesebbé teheted napi rutinod pillanatait. Készülj fel a napra hűsítő, élénk nappali fényben, amely energiával tölti fel a testet és a lelket. Ha koncentrálni kell, nincs jobb a precízen beállított ragyogó fehér fénynél. Ha pedig nyugalomra vágysz, tedd fel a lábad, és válaszd a meleg, puhán izzó fehér fényt a nap tökéletes befejezéseként."

A Hue Being egyébként 4 különböző színhőmérsékletet képes váltani (2200 K és 6500 K között), ami a gyártó állítása szerint minden alkalmazáshoz megfelel.

A Philips rendszer nem „kispályás", nem elégszik meg az egyszerű beállíthatósággal, Bridge nevű kommunikációs készüléke valódi távvezérlést valósíthat meg interneten, célszerűen mobiltelefon app-on keresztül, amely akár 50 hasonló rendszert is kezelhet, sőt, akár a hanggal való vezérlés is megvalósítható. Ezekkel itt nem foglalkozunk, pusztán jelezzük, hogy a rendszer „végtelen" variációra képes.

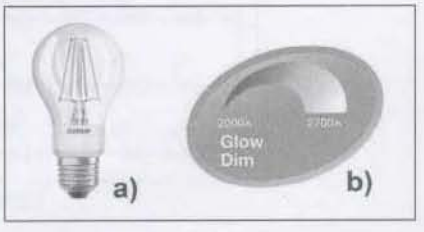
2.2. Osram színhőmérséklet-vezérelhető világítótest

Nem marad le tudásban és teljesítményben az Osram rendszere sem, bár nem olyan mértékben vezérelhető, mint a bemutatott Philips típus. Az Osram Star+ GlowDim megnevezésű rendszer a manapság divatos „retro" formában készül, visszaidézve a hajdani izzószálas lámpákat (**11. ábra**), a PARATHOM lámpacsalád több tagjában alkalmazzák.

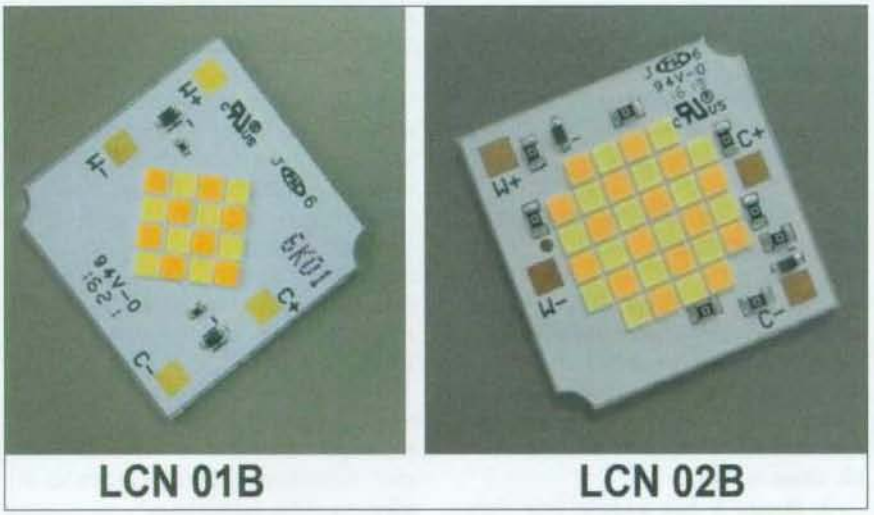
Az a) kinézetű lámpa dimmerelhető, nincs külön vezérlőegysége, a fényerősség-szabályozó potenciométer alsó állásában a színhőmérséklet értéke „nagyon melegfehér", mindössze 2000 K, míg feltekert állásában megközelíti a semleges fehéret, 2700 K értékben. A b) ábrán látható a cég márkajelzése, amelyet ezen lámpacsalád dobozán feltűntetnek. A lámpafejben elhelyezett elektronika a négy „LED-szál" meghajtó áramának arányszabályozásával oldja meg a színhőmérséklet-állítást.

2.3. Színhőmérséklet-vezérlés Citizen LED modullal

Különböző színhőmérsékletű LED-eket széles választékban dobnak piacra a gyártók. Átgondolt tervezéssel tetszőleges tömböket hozhatunk létre, a melegfehér és hidegfehér LED-ek sűrű egymásmelletti elhelyezésével. Ez viszonylag bonyolult eljárás, a LED-ek beültetésekor könnyen előfordulhat csere, az ellenőrzés is drága. A Citizen a konstruktőrök segítése érdekében viszont olyan LED-modulokat gyárt, amelyek chip szinten elosztva és villamosan csoportba rendezve közös alu-panelen elérhetők, a lámpatervező ezekből a modulokból építheti lámpatestjét. Egyelőre két modul kapható, a kisebbik 16, a nagyobbik 32 LED-chipet tartlamaz, amelyeknek egyik fele 2700 K-es, a másik 6500 K-es színhőmérsékleten sugároz. A modulokat a **12. ábra** mutatja. Hazai forgalmazója a Hoeller



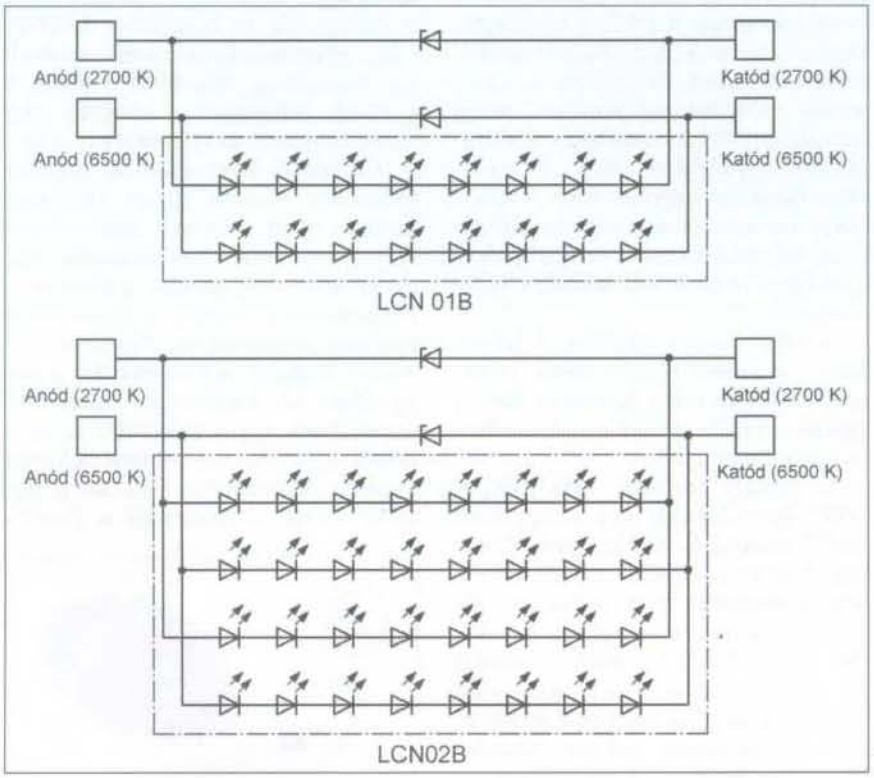
11. ábra



12. ábra

Electronic, amelynél a szükséges hűtőbordákat is beszerezhetjük ([6]).

A LED-ek nyolcasával sorba vannak kapcsolva, eredő nyitóirányú feszültségük tipikusan 24 V, ami a meghajtó áramgenerátor megválasztásához (méretezéséhez) szükséges. Nyitóirányú túlfeszültség és fordított polaritású (téves) működés ellen beintegrált Z-dióda véd, az adott megengedett csúcsáramig, csúcsteljesítményig. Az LCN 01B két, az LCN 02B négy LED-egységet tartalmaz párhuzamos kapcsolásban. A modul belső kapcsolását a **13. ábra** mutatja mindkét modulra. A LED-eket fordított polatitású bekötés és egyéb tranziensen ellen beintegrált szupresszordiódák védik. A modul egy 20×20 mm-es lapkán helyezkedik el, termikus ellenállása a hűtőborda méretezéshez szükséges: 3,5 °C/W. A kisebbik modul üzemi árama 350 mA, a nagyobbiké 700 mA, színhőmérséklet-egységenként. Így semleges fehér fényt a két színhőmérsékletű egység fele-fele áramú meghajtásával érhetünk el. A kisebbik modul tipikusan 1000, a nagyobbik



13. ábra

2000 lumen fényáramot szolgáltat. A modulokat lehet egyesével is használni, kisebb megvilágítási igény esetén, de több egységből akár fényszóró is építhető. A modulok további optikai és villamos paraméterei az adatlapokon találhatók.

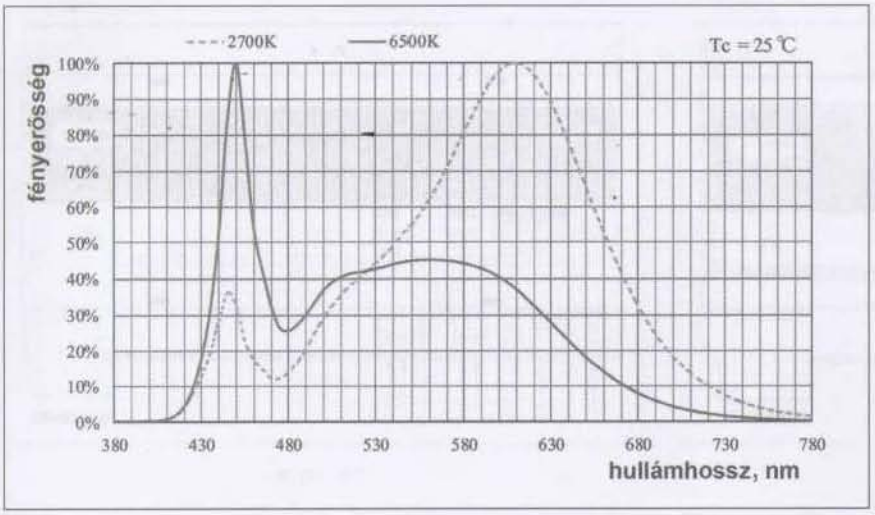
A LED-modulok bemutatásánál még két fontos adatot emelünk ki. A **14. ábra** a színképet adja, a modulokkal tipikusan 80-as CRI érhető el. Ez a mai követelményeket nem elégíti ki maximálisan, adott esetben járulékos LED-ekkel az eredő színvisszaadási tényező javítható, bár ezek némiképpen módosíthatják a színhőmérsékletet.

A modul színhőmérséklet-szabályozó karakterisztikáját a **15. ábrán** láthatjuk, a meghajtó áramokkal paraméterezve (az ábra az LCN 02B típust mutatja, a kisebbik modulnál az áramértékek fele akkorák).

Ezekből a Citizen LED-modulokból nagyigényű világítótesteket lehet kialakítani, amelyek ára aztán a kereskedelemben megfelelően magas. Ha ilyen lámpatestet szeretnénk megalkotni, két utat választhatunk: kész modulokkal, kevés kiegészítő áramköri elemmel, vagy (igazi amatőr módon) alkatrész-szintű építéssel. Mindkét konstrukció alapja a lámpatest, amelyben a LED-modul(ok) helyezked(ik/nek) el. Ehhez csak tanácsokat tudunk adni, hiszen a megvilágítási igényből kell kiindulni. A lámpatestet kétféle szempontból kell megtervezni, részint termikusan, megfelelő hűtés kialakításával, részint pedig optikai szempontból, sugárzási szög, káprázatás, diffúz fényelosztás stb. figyelembe vételével.

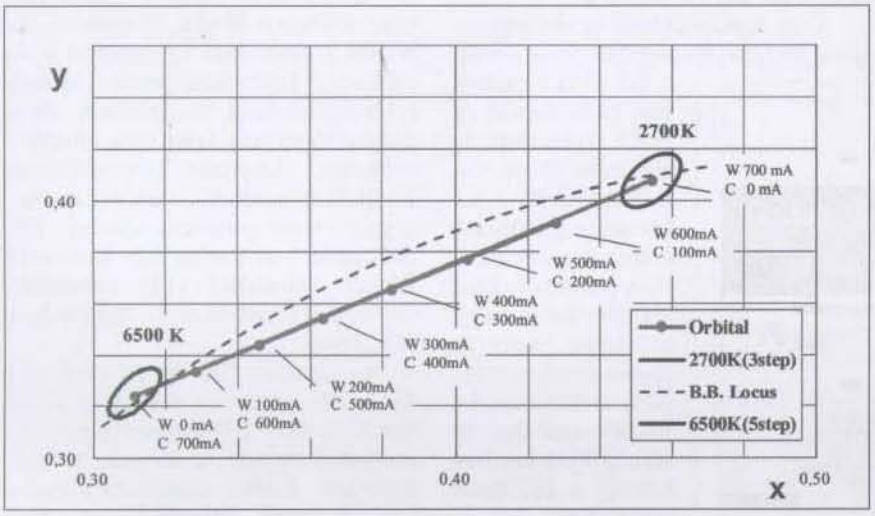
Járulékos megoldandó kérdés még a szerelés módja, kültéri, vagy beltéri üzem. Mindezen kérdésekkel a cikkben nem foglalkozunk, irányadó pl. a [2] szakirodalom.

Lényeges viszont a LED-modulok meghajtása, amely a színhőmérséklet szabályozhatósága miatt a megszokottnál bonyolultabb. A „legkényelmesebb" megoldásnak tűnik a Citizen ajánlása a finn Helvar modulokkal. Ez alapvetően DALI rendszerben működik ([2]), tehát távvezérelhető, ill. Interneten keresztül komoly idő- és programvezérlést, napszakszabályozást stb. végezhetünk vele. Így egyetlen szoba mennyezetvilágításának szabályozására drága, így kifejezetten nagyobb termek, több közösségi terem stb. világításvezérléséhez javasolt.



14. ábra

A rendszer két egységből áll: a kettős, ellentétes vezérlésű kapcsolóüzemű áramgenerátorból, és a vezérlésére szolgáló DALI csatolóból (amivel tovább kapcsolódhatunk épületautomatizálási KNX rendszerhez; lásd a [2] irodalom). A meghajtó egység kapcsolását a **16. ábra** mutatja.



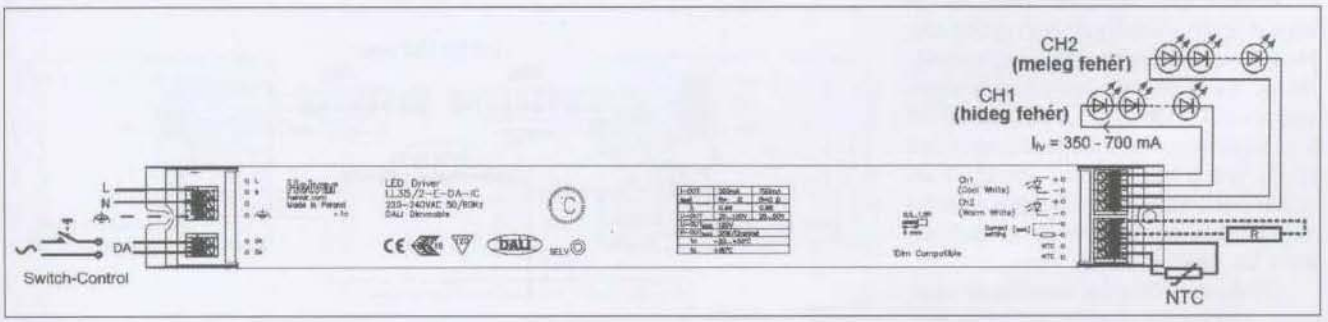
15. ábra

A készüléket a hálózatra kapcsoljuk, bekötjük a kettős LED-egységet, majd a DA digitális bementről működtetjük. A hőfokvédelmet járulékos NTC biztosítja, az R ellenállás pedig a meghajtó kimeneti LED-áramát állítja be. Nyitott kapcsoknál 350 mA, rövidzárnál pedig 700 mA a LED-ek végárama, de a katalógusban közölt táblázatszerinti ellenállással a két érték között tetszőleges végáram állítható be.

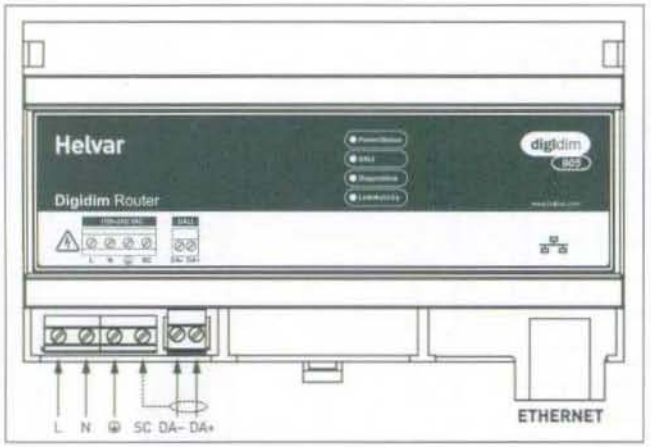
17. ábra

A meghajtó DALI szabvány szerint működik, tápellátására a **17. ábra** szerinti DIGIDIM 402 tápegység modul szolgál, amely – a gyártó egyéb DALI szabvány szerinti készülékéhez hasonlóan – DIN sínre pattintva szerelhető elosztó dobozba. Ezen szerelvények előnye, hogy a dokumentációban rögzítettek szerint villanyszerelői munkával szerelhetők. DALI OUT és DALI IN kommunikációs vezetékein keresztül működteti az áram-dimmereket ellenütemben.

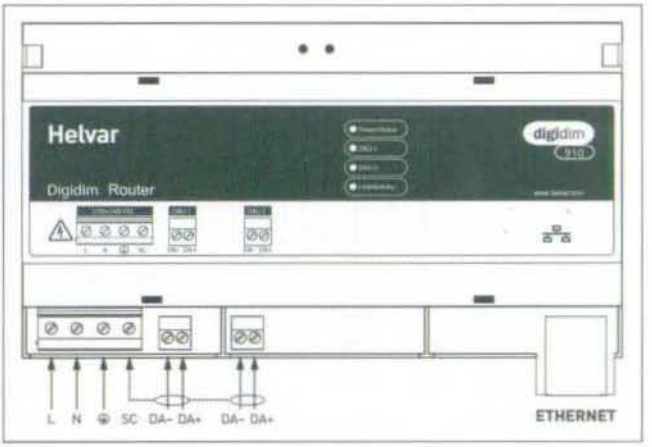
A DALI IN bemenetre 8+8+2 bites (DALI szabvány) vezérlő egységet



16. ábra



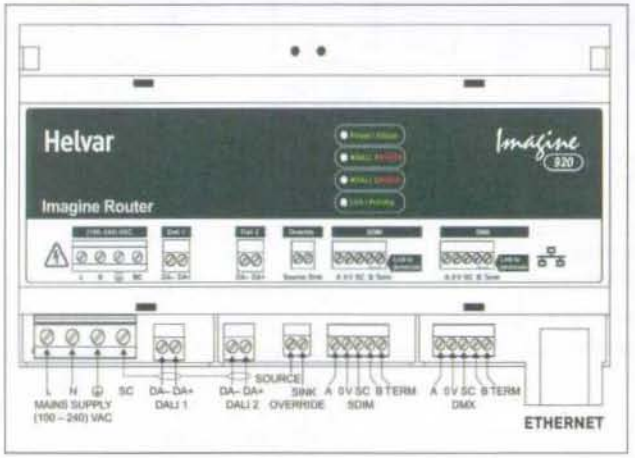
18. ábra



19. ábra

kapcsolhatunk, vagy mobiltelefonos applikáció szerint rádiós hálózaton keresztül állíthatjuk be a világítás kívánt színhőmérsékletét.

Ez a Helvar rendszer további hatalmas hálózatok vezérlésére és távvezérlésére alkalmas, a Digidim 905 és Digidim 910 routerekkel több hálózathoz, a 920 jelű Imaging Routerrel ethernet és egyéb hálózatokhoz csatlakoztathatjuk a LED-es világító egységet, minden igényt kielégítve.



20. ábra

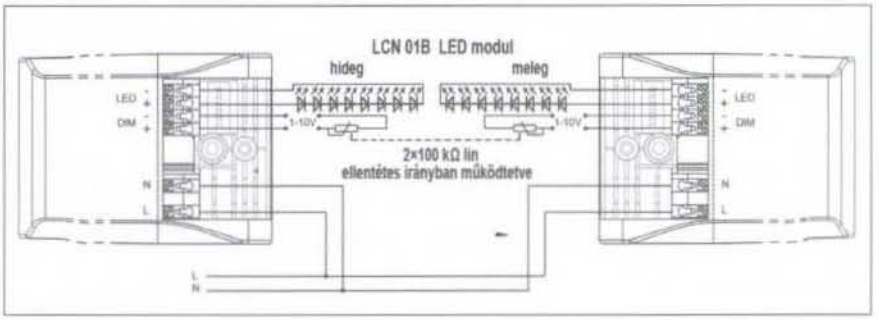
A Digidim 905 egység a DALI vezérlésen kívül ethernet hálózatra is kapcsolható, amellyel távvezérlések, programvezérlések stb. megvalósíthatók. Az internetes csatlakozás szabványos UTP kábellel (8 pólusú RJ 45 MD csatlakozóval) megoldható, ilyen aljzat van a készüléken, amellyel internet hálózatra, számítógépre és helyi hálózatokra csatlakoztatható. Bekötését a **18. ábra** mutatja.

Gyakran előfordul konferenciatermek, közösségi termek világításánál, hogy több világítórendszert kell kialakítani. Ha két DALI rendszer van, akkor a 910 készüléket célszerű használni, amely a 905-höz képest két DALI rendszert tud lekezelni. Bekötését a **19. ábrán** láthatjuk.

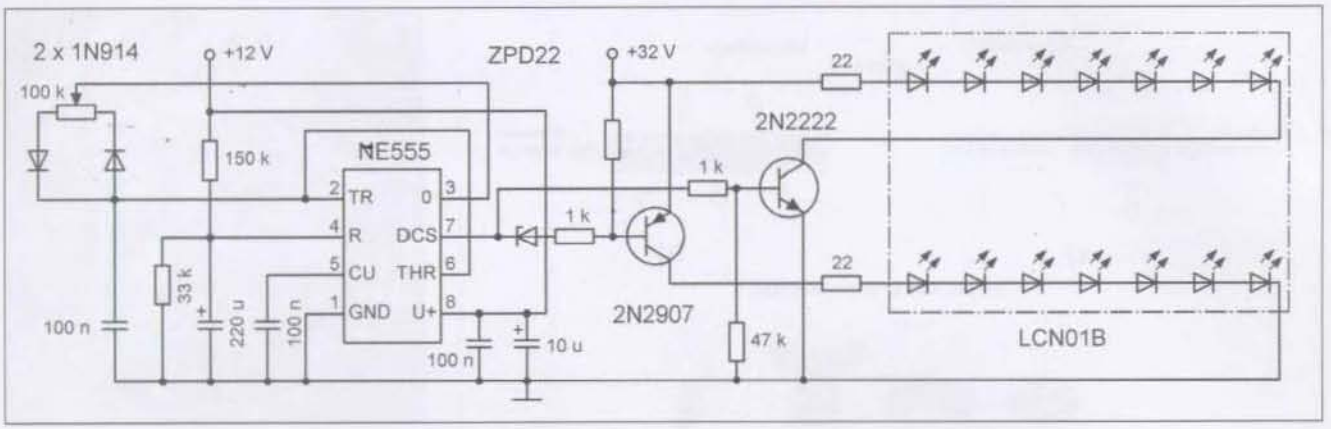
A cég legtöbbet tudó vezérlőegysége az Imagine Router 920 típus, amely a két DALI csatornán kívül SDIM és DMX vezérlésre is alkalmas. Ezek választhatóságát az Override (felülírás) bemenet vezérelheti. A sokoldalúságot tovább növeli, hogy az egyik csatornát éppenséggel a világítás színhőmérsékletének szabályozására állítjuk be. Bekötését a **20. ábra** szemlélteti.

Ha nem kívánjuk a digitális DALI (KNX) rendszert igénybe venni és megelégszünk egy egyszerű potenciométeres beállítási lehetőséggel, akkor jól bevált dimmerelhető áramgenerátor-modulokkal építhetünk célravezető megoldást. A hivatkozott Citizen modul tejesítményben (1...10 W nagyságerend) olyan, hogy kizárólag kapcsolóüzemű működtetés javasolt. Visszatérve a 9. ábra tömbvázlatára, a *vezérlés* és a *LED-modulok* közötti rész összeállítása a feladat. Ilyen kész, dobozolt elektronikai egységeket gyárt több cég, kapcsolóüzemben, jobbnál jobb hatásfokkal. Céljainknak olyan meghajtó egység felel meg, amely a szükséges konstans kimenőáramon kívül dimmerelhető, vezérlő feszültséggel, vagy potenciométerrel. Példaképpen bemutatjuk két Lumotech L05031 modullal [12] manipulált színhőmérséklet-vezérlő kapcsolását (**21. ábra**).

Az áramvezérlő modulok 0...10 V-al, ill. potenciométerrel vezérelhetők. A két LED-csoportra egy-egy meghajtó egység szükséges, az egytengelyű kettős potenciométereket (változtatható ellenállásként kapcsolva) fordítva kell kötni, azaz míg az egyik a 100 kohmos végállásban van, addig a másik 0-án, így a tengely forgatásakor ellentétes vezérlést kapunk. Feszültségvezérlés esetén is az ellentétes vezérlőjel szükséges, tehát amíg az egyiket 0...10 V, addig a másikat 10...0 V között kell vezérelni. A modulok galvanikusan függet-



21. ábra



22. ábra

lenek, tehát vezérlő bemeneteinek ellentétes végpontjai összeköthetőek, azaz a vonatkoztatási pont „fázist fordít". Egy pnp tranzisztoros, emitterkövetős fokozat kimenete tehát fordított irányban változik, vagyis az ellentétes vezérlőjelet megvalósítja. Persze az ellentétesen változó vezérlőjel más módon is kialakítható. A bemutatott kapcsolás jó hatásfokú (88%), teljesítménytényezője 0,97, kis kimeneti áramhullámossággal (<1%), beépített védelmekkel.

Vállalkozó kedvű, gyakorlott amatőr viszont maga szereti áramkörét megépíteni. Az elv azonos, de alkatrész-szinten állítjuk össze a kapcsolást. A **22. ábrán** látható egy lehetséges áramkör.

A kapcsolás alapja ismert, a „jó öreg" NE555-ös timer IC-t használjuk impulzusgenerátorként. A 100 kohmos potenciométerrel az impulzuskitöltési tényezőt változtathatjuk 0 és 100% között. Ennek megfelelően a kimeneten a kitöltésitényező-változtatott négyszögjel jelenik meg. Ezzel kell ellenütemben vezérelni a kimenőfokozatokat, amely célszerűen egy pnp és egy npn tranzisztor (esetleg megfelelő FET), amelyek az ellenütemű meghajtást elvégzik. A vezérlőegység tápfeszültsége célszerűen 12 V, ekkor 10 V-os vezérlőjelet is tud fogadni. A kimeneti tranzisztorok tápfeszültségét a LED modul tápfeszültségigénye határozza meg, amelynek 24 V-nál nagyobbnak kell lennie. Ennek megfelelően kell a kimeneti tranzisztorokat és a LED-modul áramkorlátozó ellenállását megválasztani. A kapcsolás ebben az egyszerű formájában nem olyan jó hatásfokú; egy áramgenerátoros végfok célravezetőbb volna, igényesebb esetben módosítsuk a kapcsolást!

2.4. Színhőmérséklet-vezérlés Helvar LED-modullal

A Citizen LED-modulok vezérlésének egyik megoldásaként már láttuk, hogy a finn Helvar cég differenciál-vezérlőmodulokat gyárt, amelyek alkalmasak a kettős meghajtásra, és ezzel az eredő színhőmérséklet szabályozására. A Helvar gyártmányválasztékában is szerepel hasonló célra LED-modul, de más igényekre. Amíg a Citizen kerek lapkája COB elrendezésben és technológiával tartalmazza a hidegfényű és melegfényű LED-eket, és ebből kerek lámpatokba, vagy nagyobb felületre építhetünk világító fényforrást, addig a Helvar SMD tokokkal szerelt vonalsugárzókat gyárt hasonló kettős színhőmérsékletű kivitelben. De mire jó ez a vonalsugárzó LED-sor?

Világító felületet nemcsak közvetlen fénysugárzó LED-ekkel lehet kialakítani, hanem felhasználhatjuk a fényvezetés tulajdonságot is, amely a panelkijelzők, monitorok és tévék szinte kizárólagos technológiája. De miért is ne lehetne ezzel általánosan világítani?!

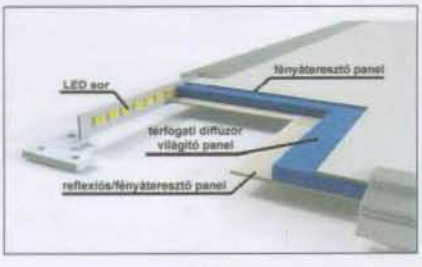
A különböző fényáteresztő közegeket nemcsak közvetlen fényszűrésre használjuk a LED-es technikában, hanem a fényvezetés és reflektálás területén is, a világító panelekben.

Jelentős alkalmazási ággá fejlődött az *élvilágítási technika*. Ennél egy jó fényáteresztő tényezővel rendelkező lap élét világítjuk meg, korábban fénycsővel (CCFL: Cold Cathode Flourescent Lamp, azaz hidegkatódos fénycső), majd LED-ekkel. Szélesebb körben (főként a technikát bevezető Samsungnak köszönhetően) a tévé- és monitortechnikában terjedt el (laptopokban, tabletekben, palmtopokban, mobiltelefonokban és különböző korszerű mérőműszerekben is), és vált ismertté, de világítástechnikai alkalmazása is jelentős. Ismeretes a GE (bár az üzleti átalakulás folytán ma már Tungsram) élvilágító technológiája, amelynek működését a **23. ábra** alapján érthetjük meg.

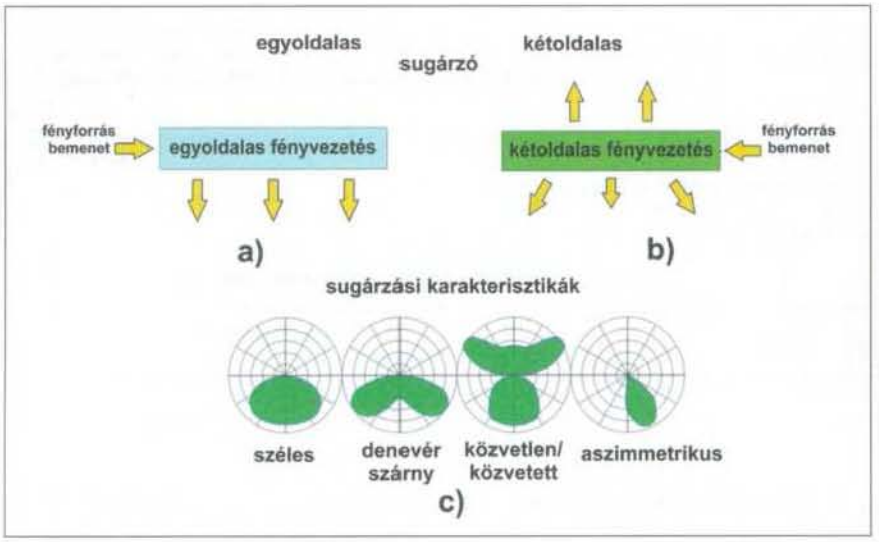
Az élvilágító panelek úgy működnek, hogy egy megfelelő vastagságú és jó fényvezető tulajdonságú műanyag-, vagy üveglap élén LED sort helyezünk el, amelynek fénye az anyagban terjed, de belső szerkezete térfogati diffúzor tulajdonságú, vagyis a fény a panel felületén távozik. Kétféle megoldás lehetséges, a változatokat a **24. ábra** mutatja. Az a) ábrán a fény csak az egyik oldalon távozik, a b) ábra mindkét oldalra engedi a fényt.

Az a) ábra szerinti megoldás a képmegjelenítő technikában általánosan elterjedt (tévéképernyők, monitorok), ennél a hátoldalon fényzáró, reflektáló felület gondoskodik a teljes fényáram előlapi távozásáról. Ez közvetlenül használható világító testként, akár egyszerűen, mint egy világító fal, akár bútorzat, falborítás részeként. A b) ábrán a panel mindkét irányban sugároz fényt, amely pl. térelválasztó világítófelületként használható, vagy akár menekülési útvonal kijelzőjeként, stb. A hatásfok 95%-os.

Világításcélú panelekkel nagyon



23. ábra



24. ábra

kedvező fényeloszlású felületek alakíthatók ki, pl. a hagyományos fénycsővilágítást kiváltó 60×60 cm-es lámpatestek, amelynek vastagsága mechanikai kerettel együtt 10 mm alatt tartható. A c) ábrán a panel lehetséges sugárzási karakterisztikái láthatók, amelyet a reflektor oldala, ill. az elülső szürőpanel optikai kiképzése biztosít.

Megjegyzendő, hogy az élvilágítás széles körben terjed, azonban ritka a fénytechnikailag korrekt megoldás. A *4-es metró* állomásainak padlóba süllyesztett kék, ill. sárga világító vonala egy tipikus kiváló megoldás, de az egyszerű, méterre kapható LED-es világítósorok nemcsak esztétikailag kifogásolhatók, hanem a legtöbb esetben zavaró, káprázтató fényük inkább elriasztja a vásárót, mint odacsalogatja, pedig áruházakban elterjedten használják kicsik és nagyok egyaránt. Lakásvilágításban pedig legfeljebb falrésben elhelyezve, azt reflexiós falfelületként igénybe véve használható, ahol a színhőmérséklet szabályozásnak is van létjogosultsága.

Felületszerelt LED-ekből felépített vonalsugárzó modulokat gyártanak merev és hajlékony szalag kivitelben is. Erre alább láthatunk néhány példát.

Elsőként bemutatjuk a Helvar vonalsugárzóját, amely igazi profi kiveitelű ([9]).

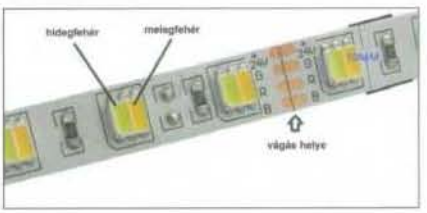
A katalógus két vonalsugárzó tokozatlan panelt tartalmaz, a L-iC-282 típus 30 cm hosszon 2×20 db LED-et, a L-iC-562 típus 60 cm hosszon 2×40 db LED-et tartalmaz, felváltva hidegfényű és melegfényű példányok beültetésével. A nagyobbik egység kapcsolását a **25. ábrán** láthatjuk a hozzá ajánlott LL60/2-E-DA-iC meghajtó tápegységgel.

Az egység teljesítmény-hatásfoka kiváló, 155 lm/W, 2000 lumen fényáramot ad le 80-as R_a-val, 450 mA-es árammal. A LED-ek színhőmérséklete a Citizenéhez hasonlóan 2700 K és 6500 K, a nyomógombos (tehát digitális) működtetésű szabályozóval tetszőleges színhőmérséktet állíthatunk be. A beültetett SMD LED-ek szélessége 2,7 mm, így 2…3 mm vastagságú élvilágítású panel meghajtására alkalmas, de réssugárzóként, ill. vonal-tokozottan esztétikus, gazdaságos megvilágítás valósítható meg vele.

A hajlékony LED szalag felépítése a már jól ismert fehér és színes szalagokéhoz hasonló, hármas egységekben kerülnek a szalagra az 5025-ös tokozású hidegfehér és melegfehér SMD LED-párok, előtétellenállással, és 24 V-os egyenfeszültségű áramforrásról táplálhatók (**26. ábra**).

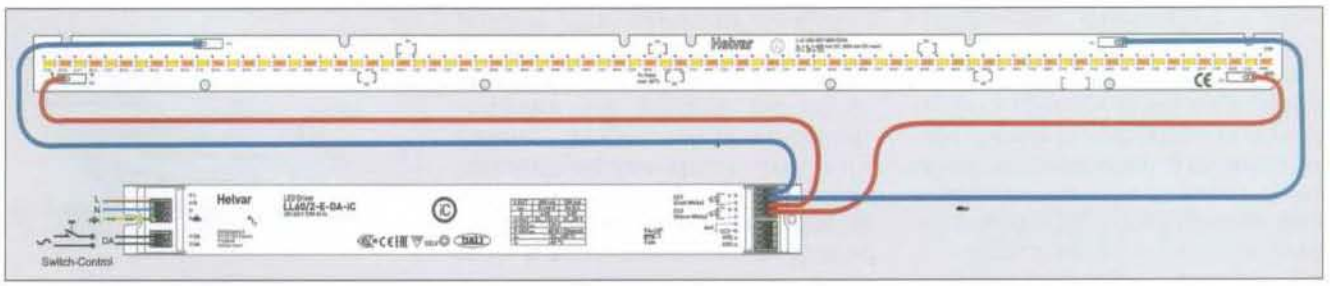
26. ábra

A világító modult 3-as LED-csoportonként szabhatjuk méretre. Gyártója nem nevezi meg magát, a VLED.hu internetes oldalról rendelhető ([11]). A felhasznált LED-ek tulajdonságainak köszönhetően világítástechnikai paraméterei gyakorlatilag megegyeznek a bemutatott Helvar modulokkal. A méteres szalag 60 db LED-et tartalmaz. Védettsége IP 20, tehát ennek megfelelő burkolatot, beépítési helyet kell biztosítani (**27. ábra**).

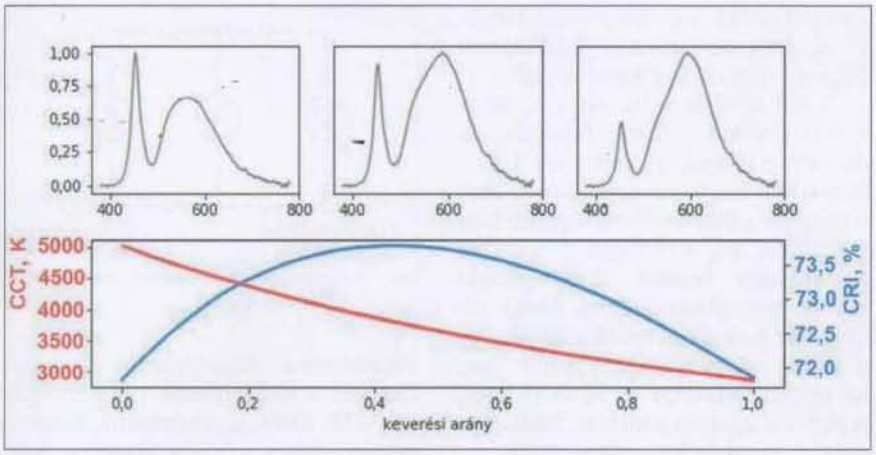


27. ábra

Megjegyezzük, hogy bár a névleges tápfeszültség általában 24 V, a kereskedelemben kapható olcsó, sokszor



25. ábra



28. ábra

márkajelzést nélkülöző szalagok néha 12 V-os táphoz méretezettek. Mindig célszerű az adott LED-szalaghoz ajánlott tápegységet megvásárolni. A kis kapcsolótáp a szintén tartozékként szereplő IR távvezérlő egység vevőjét és a mikrokontrollert is magában foglalhatja. Utóbbiból háromszínű LED-ekkel szerelt változatok is kaphatók, az eredő szín, ami természetszerűen különböző színhőmérsékletű fehér is lehet, a távvezérlővel beállítható. Az ilyen szalagon négy vezetősáv vonul végig: az R, a B, a G, ill. a közös vonal. Igaz, hogy, hogy az RGB LED-szalaggal is előállítható fehér fény, de a hiányzó spektrumrészeket szemünk integrálja fehérré, az erős színhiányok miatt nem megnyugtató világítás, a színhőmérséklet állítására pedig többváltozós módszer jöhet számításba. Nem lehet igazán kézben tartani, inkább díszvilágításban van létjogosultsága.

Vállalkozó kedvű amatőr mind a Citizen modulok, mind pedig a szalagmodulok meghajtására a bemutatott kapcsolásokkal sikereket érhet el, hiszen a világító panel házi előállítása (némi) nehézségbe kerül, azt érdemes megvásárolni, a meghajtó elektronikát magunk is elkészíthetjük. A hajlékony szalagmodullal megvalósítható színhőmérséklet-szabályozási tartományt a **28. ábra** mutatja, a CRI egyidejű változásával.

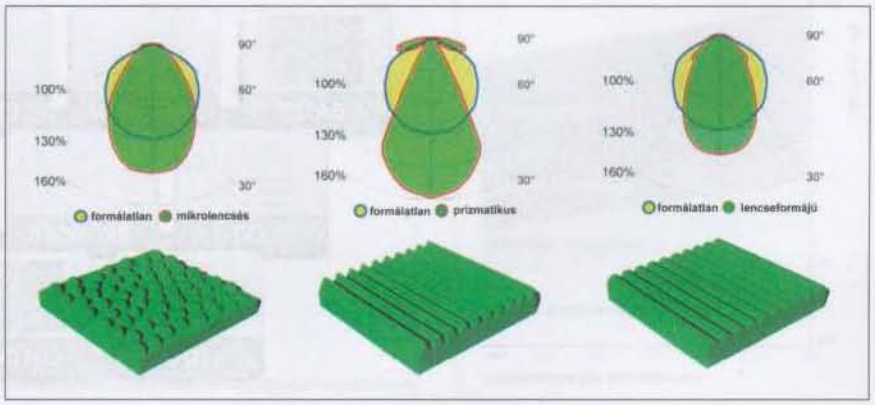
2.5. A LED-es lámpatest optikai kialakítása

Az eddigiekből láttuk, hogy milyen fontos a színhőmérséklet, változtatására LED-csoportokat, és a hozzárendelt meghajtó egységeket kell készíteni. De nem szabad megfeledkezni az optikai tervezésről sem. Fejlesztő laborokban is előfordul, hogy a kísérleti darabok a kívánt fénytechnikai paramétereket teljesítik, azután „már csak tokozni kell", és akkor érheti a fejlesztőket meglepetés! A mechanikai és egyéb behatás ellen a fényforrás világítótestbe kerül, ahol még egy fényáteresztő búra módosíthatja a kijövő fényt. A kisebb probléma, ha „csak" fénycsillapítással kell számolni, de a fényáteresztő búra elnyelheti a spektrum bizonyos hullámhosszkompenenseit, ami máris módosíthatja a színhőmérsékletet. Ebbe a hibába főként az amatőr, barkács ember eshet, amikor a valahol kinézett lámpatestbe kíván LED-es lámpát építeni, hiszen a tokozás sokszor meghaladja a lehetőségeket, képességeket. Mire vigyázzunk?

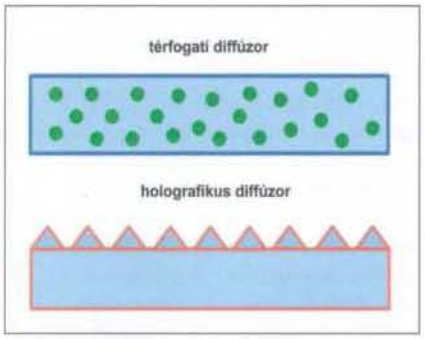
A lámpatestben a fényforrás és a megvilágított tér közé (célszerűen a lámpatest tokozásába) fényterelőt és/vagy diffúzort kell tenni, különben zavaró káprázást okozhat, ami LED-es világításnál különösen erős lehet. Ha a diffúzor elég hatékony, nem feltétlenül szükséges fényterelő.

A fénydiffúzor feladata, hogy a fénysugarakat szórja, a sugarak statisztikus eloszlásban irányt változtatnak, ezáltal csökkentve a fénypontok fénysűrűségét, ami káprázást okozhatna. A módszer lényege, hogy a fény útjába olyan fényáteresztő szűrőt iktatunk be, amely szórja a fényt. Fényáteresztő anyagoknál megkülönböztetünk átlátszó, félig átlátszó és diffúz anyagokat. Az átlátszó anyag jellemzője, hogy a fény nagy része irányváltoztatás nélkül halad tovább, és csak kis része szóródik, ezeknél gyakorlatilag nem kell számolni színhőmérséklet-módosítással. A félig áteresztő anyag (matt üveglap) nagymértékben áteresztí a fényt, de jelentős a szóródás. Ezekre, és különösen a diffúz anyagokra (pl. tejüvegre) jellemző, hogy a fény szóródik, az eredeti fényirány nem dominál, és nagy a veszély, hogy a spektrumot módosítja. A tejüveg például a meleg irányba módosítja a fényt, kompenzálására járulékos színezéssel (többnyire kék) próbálják kompenzálni, ami a színhőmérsékletre befolyással van, hiába tekerjük a potenciométert a kívánt hideg irányba, a fény nem változik.

Korábban, főként a fénycsőarmatúrák hőskorában divatos volt a prizmatikus szűrő. Prizmatikus szűrőt készítenek hosszirányú párhuzamos prizmafelülettel, ezeket gyakran alkalmazzák hagyományos fénycsőarmatúrák fedelénél, de LED szalagoknál is bevált, néha ötvözik keresztirányú prizmatikus felületkiképzéssel. Kerek lámpatokoknál (mélysugárzók, UFO lámpák stb.) koncentrikus körök formájában is hatásos. Ha elég finom felbontásúra készítik, akkor Fresnel-lencse közelítést is el lehet érni, ami a központos fénysugarat (pl. mélysugárzónál), széles szögre konvertálja, elősegítve ezzel az egyenletes megvilágítást. A prizmatikus szűrő tehát jó



29. ábra



30. ábra

hatásfokú, és az alkalmazások nagy részében ma is használatos, de színhőmérséklet-szabályozott világításnál ne használjuk, a szabályozó hatást rontja!

A modern fénydiffúzorok speciális műanyag technológiával készülnek. Fejlesztésüknél cél volt a csekély fényáramveszteség mellett a kellő mikroméretű fényszórás, egyszerű alkalmazhatóság és könnyű, olcsó gyártástechnológia ([5]).

Más gyártók a hagyományos optikával formált fénysugár útjába mikrolencsés fényformáló előtét fóliát, szűrőlapot alkalmaznak. Működését a **29. ábra** alapján érthetjük meg.

A mikrolencséknek köszönhetően a szűrőn átmenő fény sugárzási diagramja az eredeti gömbsugárzó helyett akár prizmatikus, vagy lencseformájú is lehet. Kicsi az esély arra, hogy egy prizmatikus szűrő a színspektrumot számottevő mértékben befolyásolja, ezért dizájnos LED-es lámpatestekben használatos, még színhőmérséklet-szabályozott esetekben is.

A legújabb fejlesztésű diffúz fényszűrők anyaga nem homogén, a fényátereszto (tehát kis abszorpciós tényezőjű) anyagban (többnyire fólia, vagy néhány milliméter vastagságú lap) mikroszkopikus méretű szemcsék gondoskodnak a kellő szórási tényezőről, ezek sűrűségének beállításával a kívánt fényszóró hatás elérhető.

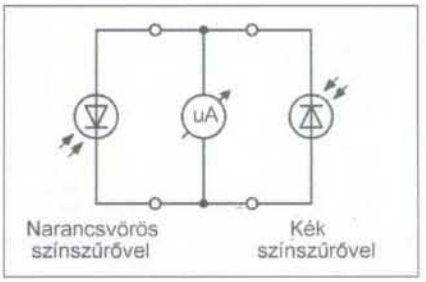
A két kivitelt a **30. ábra** mutatja. A holografikus diffúzor felületén érdesített, prizmásított, amely arról gondoskodik, hogy az anyagból kilépő fénysugár a fénytörésnek megfelelően szóródjon, míg a térfogati diffúzornál az anyagba bejutott fénysugarakat a mikroszkopikus méretű belső részecskék szórják és reflektáltatják, így a kilépő fénysugár eleve szórt lesz, az optikai hatásfok 90% felett van. A fénydiffúzor megoldások hatékonyságát a **31. ábra** szemlélteti ([7]).

Az ábrából látható, hogy a hagyományos megoldások (prizmatikus búrák, opálüvegek stb.) nagyon rossz hatásfokúak, a fényáram több mint 30%-át abszorbeálják. A javított megoldások 10...15%-ot nyernek optikai hatásfokban (homokolt üveglap, áttetsző műanyag fólia stb. sem korszerű), míg a holografikus diffúzorok a hagyományos diffúzor mikrotechnológiai megvalósításai, de elvükben nincs lényeges változás, csak hatásfokukban. Manapság a legjobb hatásfokkal (akár 100% közelében) a térfogati diffúzorok működnek.

Javasoljuk tehát, hogy a fényhasznosítási hatásfok javítását ne kizárólag a legjobb lm/W értékű LED felkutatásával javítsuk, sok esetben a hagyományos, 20...30%-os fényelnyelésű búrát érdemesebb 5%-nál kisebb veszteségűre cserélni, és az sem hátrány, ha a színhőmérséklet-módosító hatása elhanyagolható.

3. A színhőmérséklet mérése

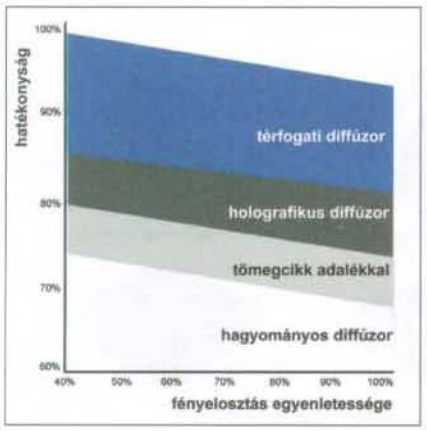
A színhőmérsékletet a világítástechnikában speciális műszerekkel lehet megmérni, a hétköznapi gyakorlatban néha megelégszünk közelítő (amatőr szintű) mérési eredménnyel is. A **32. ábra** egy egyszerű, fényképészeti-videós célokra alkalmas műszer vázlatos elrendezését mutatja.



32. ábra

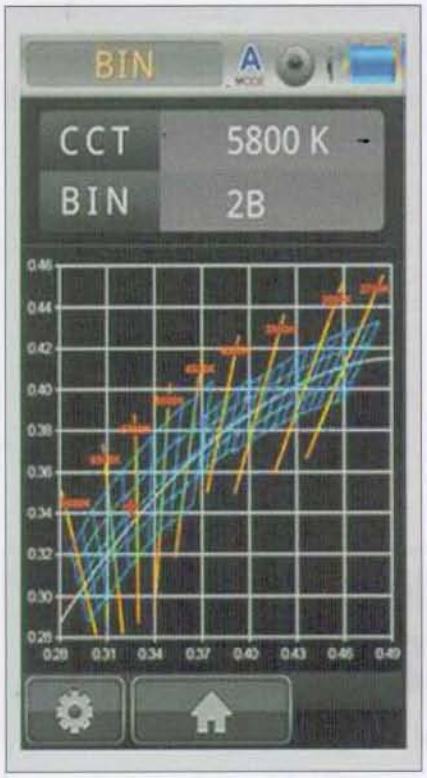
A két fényelem egyike narancsvörös, a másik kék szűrőn át kapja a fényforrás fényét, amelynek színhőmérsékletét kell megmérni. A két fényelem villamosan egymással szembe van kapcsolva, középen pedig galvanométer méri az eredő, vagy különbségi áramot. A mérésre az emberi szem színmegkülönböztető képességét használjuk, amely – köztudottan – korlátozott, az eredmény pontatlan, bár a fotós-videós célra megfelel. A méréskor, a hidat a fényelemek relatív blendézésével egyenlítik ki, amelynek során az erősebb fényelem felületét fokozatosan eltakarjuk, a galvanométert csak nullaindikátorként használjuk. A kézi műszer alapelve lehet pl. kamerák fehéregyensúly-beállító automatikájának.

Ha profi módon szeretnénk színhőmérsékletet mérni, akkor meglehetősen drága fényanalizáló műszer beszerzésére, esetleg bérlésére van szükség. A méregdrága laboratóriumi spektrofotométer egyszerű színhőmérséklet-mérésére viszont „ágyúval verébre" módszernek tűnik, újabban terjednek a kézi műszerek. Ilyen pl. a



31. ábra

33. ábra



34. ábra

tajvani UPRtek cég MK350S típusjelű műszere ([13]), amely egy mindennapi használatban levő multiméter nagyságú tokba van beépítve, és a fényforrás fényáramának mérésén kívül 12 üzemmódban minden szükséges optoelektronikai mérést elvégez. (**33. ábra**).

A korszerű világítástechnika (főként a LED-es) igényli a spektrummérést, és a színösszetevők speciális kiértékelését, lehetőleg kisméretű, könnyű, telepes táplálású, terepen is könnyen hordozható formában. Mobil, telepes kézi műszerről van szó (81×163×25,8 mm, 250 g), a kutatásfejlesztéstől a gyártásellenőrzésig, az egyes LED-ek laboratóriumi mérésétől a terepi mérésekig, széles körben használható. Beépített processzorával a számításokat elvégzi, amelyeket színes kijelzőjén megjelenít, memóriában eltárol és számítógéppel az adatforgalmat, vagy a közvetlen kapcsolatot fenntartja, akár USB kábeles, akár Wi-Fi kapcsolati csatornán. A számítógépre telepíthető program segítségével további számítások végezhetők.

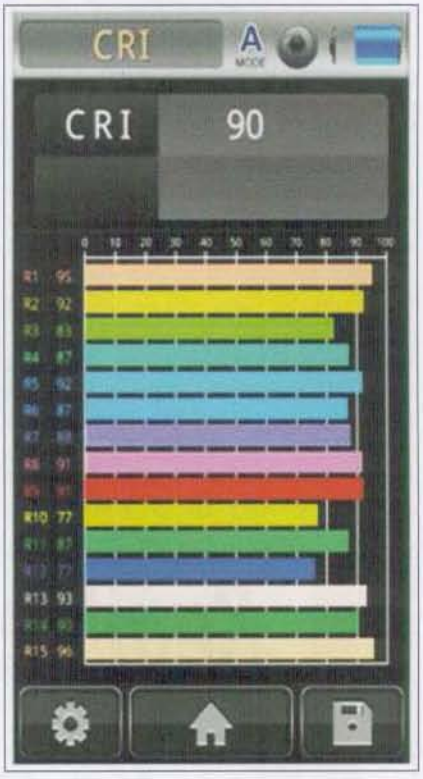
A műszer kezelése egyszerű, a mobiltelefonoknál megszokott érintőképernyős üzemmódváltási és -beállítási lehetőséggel. A mérési adatokat egy – a műszerhez adott – 32 GiB-os SD memóriakártyára rögzíthetjük, bár a műszer a kártya nélkül is üzemképes, csak kikapcsolva elvesznek a mérési adatok.

Bekapcsolást követően a fénymérő szenzorrendszert (CMOS lineáris képszenzor) kalibrálni kell. Erre fekete eltakaró sapka szolgál; néhány másodpercen belül a műszer készen áll a mérésekre. A sok mérési lehetőség közül itt a színhőmérséklet-mérés menetét mutatjuk be, a szakirodalomban megtalálható a többi opció is.

A műszer alkalmas fényforrások, lámpatestek, de egyedi LED-ek mérésére is, közel tartva a műszert, és a zavaró környezeti fényeket kellően kizárva akár chip-LED mérése is lehetséges. A lámpafejlesztőnek ui. fontos adat az alkatrész színhőmérsékleti besorolása. A *BIN* üzemmódban a műszer a mért spektrum alapján besorolja a LED-et a szabvány szerint, és kiírja a csoportjelet, valamint grafikusan el is helyezi a diagramon a mérési adatot egy piros ponttal (**34. ábra**).

A LED-es világításban egyre nagyobb fontossága van a színvisszaadási indexnek, ami összefügg a színhőmérséklettel. A műszer a CRI értékét tudja mérni, processzorában megtalálhatók a szabványos színminták, ebből pedig kiszámolja az eredőt. Általában a felhasználónak elegendő ismerni az eredő értékét, a műszer azonban kiszámítja az R_a komponenseket, sőt, grafikusan diagramban meg is jeleníti, megkönnyítve ezzel a lámpakonstruktőrök és a világítástervezők munkáját. A **35. ábra** a CRI komponenseket tartalmazó diagramot mutatja.

Főleg a konstrukció során, de a szervizgyakorlatban is előfordulhat, hogy két LED-et kell összehasonlítani színhőmérsékletre, CRI-re, vagy spektrális viselkedésre. Az MK350S műszer erre is ad lehetőséget a

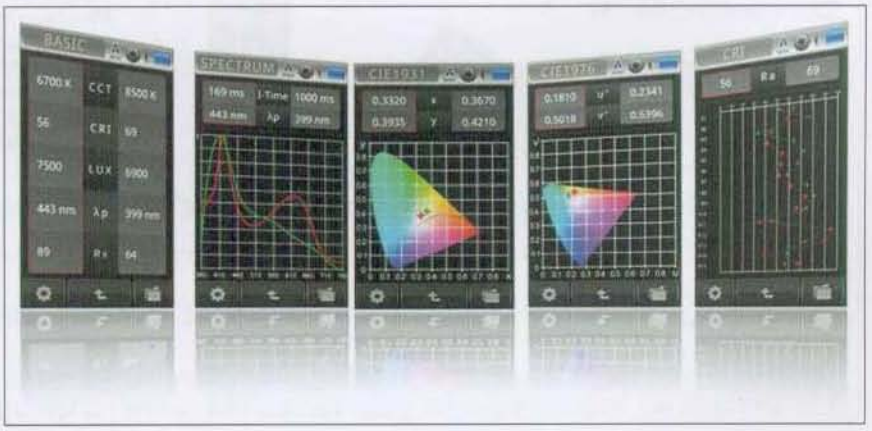


35. ábra

COMPARE üzemmód választásával. Ekkor a műszer a két fényforrást, vagy akár a változtatható színhőmérsékletű lámpát más beállításban egymás után méri, majd az eredményt egyazon diagramban ábrázolja. Az összehasonlítási üzemmódot a **36. ábra** szemlélteti. A bemutatott műszerhez hasonló komplex műszerek beszerezhetők a piacról.

4. Összegzés

A cikkben megpróbáltuk bemutatni az eddig másodlagosnak ítélt színhőmérséklet fontosságát, amelyet LED-es fényforrásoknál kézben tarthatunk, ve-



36. ábra

zérelhetünk, szabályozhatunk. A villamos és optikai tulajdonságokon túlmenően kiemelt szempont a biológiai, pszichoanalitikai kérdés, annak befolyása látásunkra. Ne tekintsük tehát a színhőmérséklet kérdését másodlagosnak; korszerű világításhoz *elsőrendű paraméter*! Az izzólámpák idejében elegendő volt a fogyasztásra figyelni, ha a 40 W-os égő gyengének bizonyult, vettünk egy 60 W-osat. A LED-ek vásárlásánál ezt el kell felejteni (mert a reklámszöveg úgyis az izzó wattszámára hivatkozva ajánlja a fényforrást), első sorban a fényáramra és színhőmérsékletre figyeljünk, ezután a sugárzási viszonyokra (sok esetben csalódás éri az embert 180 fokos „félkörte" sugárzóval a csillárban, ahol eddig gömbsugárzó izzó világított), és bár ne hagyjuk figyelmen kívül a fogyasztást, de lehetőleg 100 lm/W fényhasznosításúnál erősebbet vegyünk! Nem minden esetben szükséges a színhőmérsékletet egy lámpánál változtatni tudni, de legalább tudjuk, milyen felhasználásra milyen kell. Cikkünkkel erre próbáltuk felhívni a figyelmet.

Irodalom:

1. Világítástechnikai Társaság: Világítástechnikai kislexikon. 2001
2. LED-es világítás: Lambert Miklós, Invest Marketing Kiadó. 2019
3. Belsőterek világítása. Majoros András. Műszaki Könyvkiadó, 1998.
4. Káprázta tás: Schanda prezentáció: http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=2&ved=0CC8QFjAB&url=http%3A%2F%2Fvision.vein.hu%2F~schanda%2FVilagitastechn%2F09-%25E1pr%25E1ztat%25E1s.pptx&ei=x2vBUsqfEo3zyAOt6oHYCQ&usg=AFQjCNH-noYzPRirAtg9ffsldqURFec7sw
5. http://www.fusionoptix.com/
6. www.hoeller.hu
7. http://www.intematix.com/ChromaLit
9. www.tme.hu
10. www.helvar.com
11. www.vled.hu
12. www.endrich.com
13. http://www.uprtek.com

1% Segítsen Ön is!

Reményi István Rádióamatőr Alapítvány

18226429-1-43

Az alapítványt támogatja a

RÁDIÓTECHNIKA

Elektronika FÜZETEK

Karácsonyi Kezdőkészlet

Dobókocka kit

Kék-vörös villogó kit

12 – 12 db-os, 5 mm-es kék és vörös LED-csoport. Állítható villogási sebesség. NE555 és CD4017 IC.

Szerencsekerék kit

10 db 5 mm-es vörös LED. Körbefutó fényt ad, ez nyomógombbal megállítható. NE555 és CD4017 IC-vel.

DT-830B digitális multiméter

200 mV ... 1000 V DC
0,2 mA ... 10 A DC
200 V ... 750 V AC
200 ohm ... 2 Mohm
Tranzisztor és dióda teszter.

Szerszámkészlet

Hőmérséklet-beállítós forrasztópáka (230 V/60 W)
Forrasztópáka-állvány
5 db forrasztópákahegy
Forrasztóón (1 mm, 10 g)
Önszippantó
Önfelszedő huzal
6 db-os forrasztási segédkészlet
Mini huzalcsupaszító
Csavarhúzó (4 fejjel)
2 db vezetékdarab
2 db csipesz
Csípőfogó
Eszközhordó táska

A fenti teljes Karácsonyi Kezdőkészlet ára csak: 19.950 Ft.

A kitek összeállítását kezdőknek segítséggel ajánljuk. – A készletekről utazás előtt érdeklődjön!

A »HAM-bazár speciál« készülékeiről, készleteiről további információ a honlapunkon található!

HAM-bazár 1138 Budapest XIII., Dagály u. 11. I. em. folyosóközép H - P. 09 - 14 ó., Csüt. 09 - 17 ó.
239-4932/36 m., 239-4933/36 m. 1550 Bp., Pf. 123 www.radiovilag.hu hambazar@radiovilag.hu 12

Hi-Fi és KATONAI könyvek +1

A 3 db Hi-Fi könyv együttes ára: csak 10.990 Ft (+ posta)

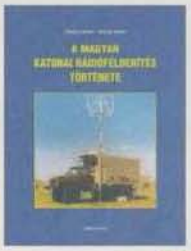
John L. Hood
Csöves és tranzisztoros hangerősítők
3950 Ft +posta

Ágoston Lajos
Audiofil erősítők építése
+CD melléklet
4490 Ft +posta

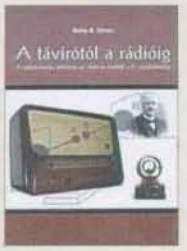
Ágoston Lajos
Audiofil erősítők építése 2.
4950 Ft +posta

Balás B. - Dr. Rajnai
Magyar katonai rádióállomások és rádiókészülékek 1914 - 1945
2990 Ft +posta

Dékány - Szőnyi
A magyar katonai rádiófelderítés története
3990 Ft +posta



Balás B. Dénes
A távírótól a rádióig
2990 Ft +posta

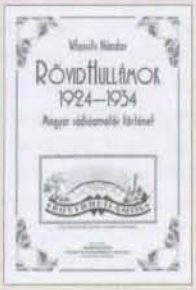


A 2+1 db könyv együttes ára: csak 8.990 Ft (+ posta)

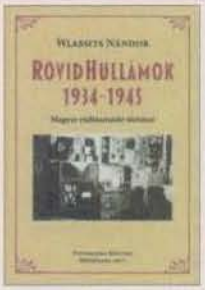
Rádiótechnika szerk., HAM-bazár Bpest. XIII., Dagály u. 11.
I. em. folyosóközép H-P. 09-14 ó. Cs. 09-17 ó.
1550 Budapest, Pf. 123 239-4932/36, 239-4933/36 www.radiovilag.hu
hambazar@radiovilag.hu

5

A hazai rövidhullámozás története +1



Wlassits Nándor
Rövid Hullámok 1924 - 1934
1990 Ft +posta

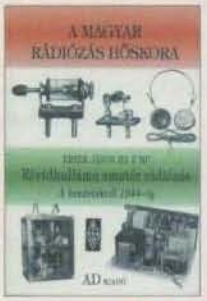


Wlassits Nándor
Rövid Hullámok 1934 - 1945
2990 Ft +posta

Stefanik Pál
A magyar rövidhullámú amatőr rádiózás 1945 - 1955
1990 Ft +posta

Wlassits Nándor
Rádióamatőr-múlt Békés megyében 1954 - 1960
590 Ft +posta

Érsek János
Rövidhullámú amatőr rádiózás A kezdetektől 1944-ig
1990 Ft +posta



Dr. Falus László
Zelenka László, a rádiótechnika úttörője, a „magyar Edison"
2990 Ft +posta

A 6 db könyv együttes ára: csak 9.990 Ft (+ posta)

Rádiótechnika szerk., HAM-bazár Bpest. XIII., Dagály u. 11.
I. em. folyosóközép H-P. 09-14 ó. Cs. 09-17 ó.
1550 Budapest, Pf. 123 239-4932/36, 239-4933/36 www.radiovilag.hu
hambazar@radiovilag.hu

3

A fény hangjai

Dr. Madarász László okl. villamosmérnök, madarasz@3lan.hu

Ez a rövid áttekintés elsősorban a fotoakusztikus jelenséggel és annak hasznosításával foglalkozik. Az eseményeket egy 1880-ban tartott előadás indította el, majd 140 év alatt sok változatos alkalmazási lehetőség jelent meg. Végezetül az égbolton fénylő csillagászati jelenségekhez, objektumokhoz köthető hangjelenségekről is szólunk.

1. A photophone létrejötte

Alexander Graham Bell (**1. ábra**), akinek az édesanyja hallássérült volt, már fiatalon kereste a siketeket támogató technikai lehetőségeket. Ez a törekvése vezette el a telefon 1876-ra datált feltalálásához is. A mikrofon és a hallgató – e két azonos felépítésű szerkezet – között vezetéken továbbította az elektromos jeleket. (Talán még a szakemberek körében sem köztudott, hogy Bell munkásságának némely szegmense legalább is erősen vitatható. Több neki tulajdonított találmány elsőbbségi joga nem őt illeti meg; a telefon feltalálásáé sem! Sok más mellett erről is érdekes részleteket tudhatunk meg *dr. Fábián Tibor* 2018-as Évkönyvünkben megjelent *„A tam-tamtól a vezetékes telefonig"* c. írásából. Az Amerikai Egyesült Államok Kongresszusa 2001-ben határozatban közölte, hogy egy másik feltalálónak, az olasz származású amerikai *Antonio Meuccinak* tulajdonítja a telefont. – *A szerk.*)

Édesapjának, *Alexander Melville Bell*-nek volt korábban egy ötlete a hangok láthatóvá tételére. A „Visible Speech" (látható beszéd) a hallássérültek számára segítette a hangzó beszéd elsajátítását. A beszédet hordozó fényt akár nagyobb távolságra is el lehetett vezetni. Az ötletből technikai eszköz

1. ábra

és szabadalmaztatható megoldás az ifjabb Bell és munkatársai munkássága révén jött létre (a továbbiakban az ifjabb Bell-re utalunk a Bell családnévvel). A kísérleteket Bell és asszisztense, *Charles Summer Trainter* együtt végezték, s a bemutatókat is együtt tartották. Bell 1880-ban ismertette a készüléket és működési elvét Bostonban egy előadáson, ekkor használta először a photophone elnevezést. 1880-ban és a következő években több mint ötven különböző készüléket építettek, keresve a tökéletes megoldást.

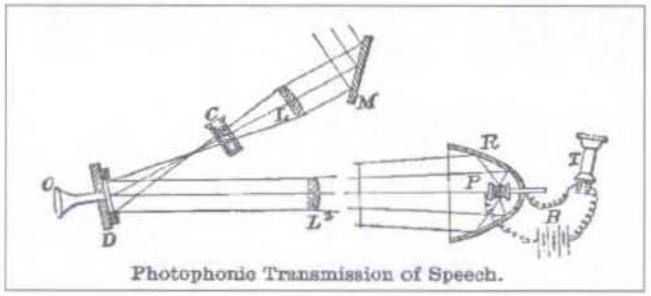
Az átvitelhez (**2. ábra**) általában a Nap fényét használták, amit optikai rendszeren keresztül egy vékony, tükröző felületű rugalmas fémlemezre irányítottak (D). A lemez másik oldalára, többnyire tölcséren keresztül (O) lehetett rábeszélni. A kifeszített fémlemez a hanghullámoknak megfelelően hol domborúvá, hol homorúvá vált. Egy meghatározott irányból felfogva a tükröződő fénysugarat, annak az intenzitása közvetítette a hangot.

A vevőkészülék, a hatékonyság növelése érdekében általában egy optikára és parabolatükörre (R) épült, ennek fókuszában fényérzékeny anyag (P) helyezkedett el. Már korábban, 1873-ban felismerték a szelén fényérzékenységét, azt, hogy egy szelénrúd ellenállása a rá eső fénysugár intenzitásától függ (erősebb fény esetén csökken). Egy áramforrással (B) és egy telefonhallgatóval (T) sorba kötve a szelénrudat, a hallgatóban az adónál beszélő ember hangját hallani lehetett. A 2. ábra Bell egyik ismertetőjéből való.

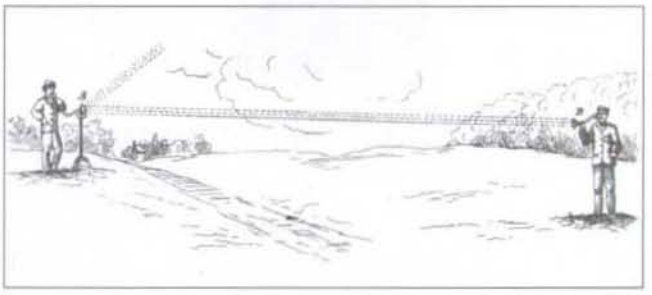
1883-ban Bell és Trainter Bostonban két épület tetején állították fel a készülékeiket és 213 m távolságból sikeresen megvalósították a hangátvitelt, így demonstrálva a photophone működőképességét. Úttörő felfedezés volt ez, hiszen vezeték nélküli hangátvitelt hoztak létre, a rádió feltalálása előtt két évtizeddel! De a fénykábeles jelátvitel elvi megalapozásának is tekinthető az eredmény, az üvegszálak alkalmazása előtt több mint 80 évvel.

A szabad térben terjedő fény azonban nem bizonyult megbízható közegnek, a felhősödés, a csapadékok, az erős szél, a szálló tárgyak és a por mind rontották, esetenként meg is hiúsították a hangátvitelt. Az átviteli távolságot sem sikerült jelentősen megnövelni, a modulált hangsugarat kibocsátó adókészülék és a vevő közötti folyamatos láthatóság biztosítása is nehézségeket jelentett. Mindezek miatt Bell is hamarosan a nagyobb távolságú vezetékes összeköttetések vizsgálatával kezd foglalkozni.

Önmagában az, hogy a hangfrekvenciával modulált fény változó intenzitása egy fényérzékelő ellenállását a hangrezgések ütemében változtatja, s ezt a változó ellenállást egy hallgatóban hanggá lehet alakítani, a mai ol-



2. ábra



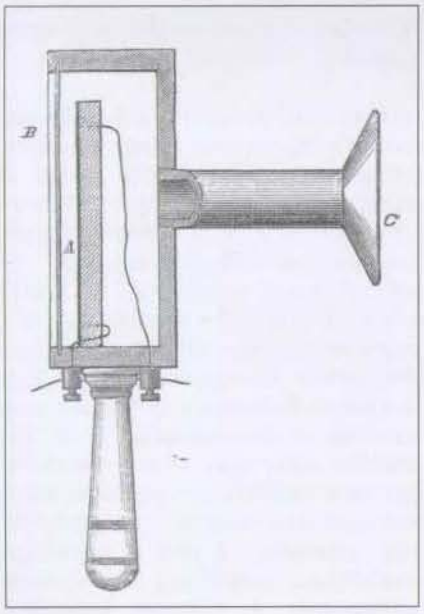
3. ábra

vasó számára nem meglepő. Témánk szempontjából sem ez az eredmény a fontos, hanem azok a felismerések, amiket a photophone biztonságosan működő változatának keresése során, a téma kutatásainak első két évében rögzített Bell a feljegyzéseiben. Ezek egy részét 1881-ben folyóiratcikkekben is ismertette.

2. A fotoakusztikus jelenség első felismerése

Az első kísérletek során Bell arra törekedett, hogy villamos áramköri részletek nélküli (non-electronic) megoldást találjon (**3. ábra**). Ezt a lehetőséget egy különleges felfedezése alapozta meg. A detektorként használt anyagokat cserélgetve, a fényt felfogó anyag kivitelének változtatása (rúd, lemez, feltekercselt rúd, henger) során azt észlelte, hogy a beeső fény hatására az anyagok esetenként egészen erős hangot bocsátanak ki, közvetlenül, elektromágneses hallgató alkalmazása nélkül. Lényegében ekkor fedezte fel a fotoakusztikus hatást. Ez a felismerés alapozta meg a későbbi fotoakusztikus analízist.

A „vevőegység" többnyire egy dobozban elhelyezett fémes anyag volt. A villamos kísérletekhez csavaros szorítókkal is ellátták, az esetleges közvetlen hang megfigyelésére pedig nyílás volt a doboz hátsó falán. Az egyik érzékelő egységben pl. vékony üveglapra felvitt ezüstréteget alkalmaztak, amit maratással két, fésűszerűen egymásba hatoló felületrészre osztottak és

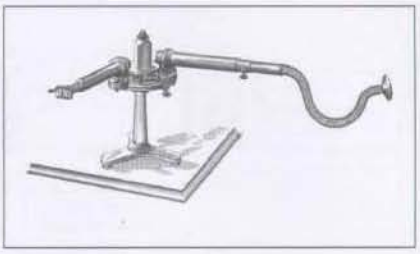


4. ábra

korommal fedtek be (a beeső fény hatékonyabb elnyelése érdekében). Egy photophone vevő rajza Bell leírásaiban is megjelenik (**4. ábra**). A fogadó lemezre (A) ható fény az átlátszó ablakon (B) át lép be a doboz belsejébe, a keletkező hangot a C tölcséren át lehet megfigyelni. Az elektromos kísérletekhez szükséges csavaros szorítók itt is láthatók. A jobb kiértékelés érdekében elvégezték a kísérleteket nemcsak emberi hanggal, hanem folyamatos napfénnyel vagy erős lámpafénnyel, amit forgó, egy kör mentén furatokkal ellátott tárcsával szaggattak meg, így állítva elő a lüktető (modulált) fénysugarat. Ilyenkor a hallható hang frekvenciája a fény szaggatásának ütemével egyezett meg.

Bell feljegyezte, hogy a közvetlenül keletkező hang erőssége és minősége hogyan változott a detektorban használt anyagtól, annak alakjától, de még a vevőegység dobozának alakjától, méreteitől, az átvitt hang frekvenciájától függően is. Még arra is érzékeny volt ez az átalakító, hogy a felhasznált detektoranyag tartalmazott-e szennyező összetevőket, s ha igen, milyen mértékben. Ez utóbbi arra ösztönözte Bell-t, hogy a lehető legtisztább anyagokat használja fel. Próbálkozott vékony membránokkal, és vastagabb, nagyobb tömegű anyagokkal is. A kísérleteket nemcsak szilárd anyagokkal végezte el, hanem folyadékokkal is, ehhez megépítette a spectrophone készüléket (**5. ábra**). A vizsgált folyadék egy üvegbe került, a szaggatott fénysugár erre érkezett, s hatására a folyadékban keletkeztek hanghullámok.

Különféle színű fényekkel és ultraibolya sugarakkal is végzett méréseket. A spectrophone legegyszerűbb változatában a napfényt fókuszálták egy kémcsőre, a fényt forgó lyuggatott tárcsával szaggatták meg, és a kémcső szájánál hallgatták a keletkező hangokat. Ezek a kísérletek a végső érzékelő, az emberi hallás szubjektív volta miatt csak összehasonlító vizsgálatokra voltak alkalmasak. Bell mindenesetre észrevette, hogy a keletkező hang erőssége nagymértékben függ a fény szaggatási frekvenciájától, sőt, rezonancia-jellegű viselkedést is tapasztalt. Ha egyébként azonos feltételek mellett egy anyag különféle hígításait vizsgálta, kimutatta, hogy a koncentrációtól is jelentősen függ a hangerősség. Végső következtetése az volt, hogy minden anyag képes hangot előállítani, ha szaggatott fénnyel megvilágítják.



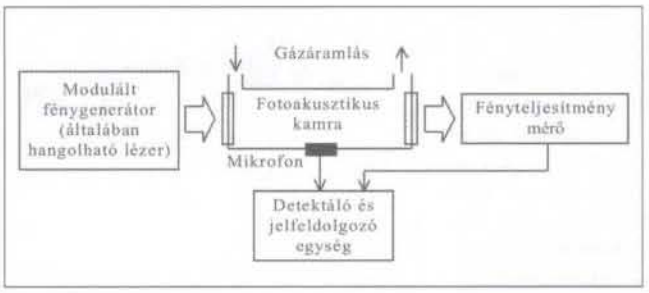
5. ábra

A photophon fejlesztése folyamán hamarosan az elektromos hangkeltésre, a telefonhallgató használatára tértek át. Miután a későbbiekben a fénnyel történő hangátvitel helyett is a vezetékes továbbítás került előtérbe, Bell-ék nem is folytatták a fénnyel kapcsolatos kutatásaikat, így a vevőegység belsejében kialakuló sajátos hangok vizsgálatát sem.

3. A fotoakusztikus jelenség kutatásának folytatása

A modulált fénysugár által megvilágított anyagból kilépő hang keletkezésére vonatkozólag több nézet is kialakult, a legélesebb vitát Bell és *John William Strutt (III. Lord Rayleigh)* folytatták. Abban meg tudtak állapodni, hogy amikor az anyag elnyel egy fényimpulzust, akkor hő keletkezik, ez pedig helyi hőtágulást hoz létre. Az anyag kiterjedése majd összehúzódása nyomáshullámként halad tovább, végül megmozgatja a környező levegőt és így jelenik meg a hanghatás. Méréseikkel igazolták, hogy minél nagyobb mértékben képes a vizsgált anyag az alkalmazott fényt elnyelni, annál intenzívebb a hangjelenség.

A téma iránt kezdetben volt némi érdeklődés, de az hamar megszűnt, Bell és munkatársai sem kísérleteztek tovább a jelenséggel. Több mint ötven év múlva, *Lev Davidovics Landau* és *Evgeny Mikhailovich Lifshitz* szovjet elméleti fizikusok a múlt század közepén kísérelték meg először a jelenség matematikai leírását. A fotoakusztikus hatás első gyakorlati alkalmazását Bell kísérletei után *M. L. Viengerov* szovjet akadémikus valósította meg, 1938-ban. Gázmintákban vizsgálta a modulált, különböző hullámhosszúságú fény elnyelődését, s a keletkező fotoakusztikus jel nagyságából becsülte meg a koncentrációt. Vizsgálataival megalapozta a fotoakusztikus spektroszkópiát. Kezdett nyilvánvalóvá válni, hogy a fotoakusztikus jelenség nem egyszerűen egy érdekesség, hanem az



6. ábra

analízis egy új, hatalmas lehetőségekkel kecsegtető módszere. A jelenséget ekkortól nevezik fotoakusztikus (Amerikában optoakusztikus) hatásnak.

Andrew Ching Tam (az IBM kutatója, több amerikai egyetem professzora) és Kumkar N. Patel, a Bell Laboratóriumok munkatársa az 1980-as években hatalmas fejlesztési lépéseket tettek meg a fotoakusztikus spektroszkópiában. A hagyományos spektroszkópiai mérési értékeknél 1000-szer kisebb koncentrációkat tudtak már kimutatni, kifejlesztették a technológia továbbfejlődésének alapvető eszközét, a vezérelhető impulzus-lézert, valamint a detektáláshoz szükséges piezoelektromos átalakítókat. Landau és Lifschitz eredeti koncepciójára építve kidolgozták a teljes matematikai leírási rendszert.

A lézerfény alkalmazása hatalmas lökést jelentett a fotoakusztikus analitika fejlődésében. Lehetővé vált egy kiválasztott hullámhosszúságú fénnyel való megvilágítás, gerjesztés. Ekkor csak az az anyag mutatott fotoakusztikus viselkedést, amelynek a spektrumában szerepelt az adott hullámhosszúságú fény. Ha ez az anyag nem szerepelt a mintában, a hangkeltés elmaradt. Ha az adott anyag jelen volt, akkor a keletkező hang erőssége a speciális anyag mennyiségével, koncentrációjával volt összefüggésben. Így vált lehetővé az anyagvizsgálat, a koncentráció megállapítása, majd számos további nagypontosságú mérés, újszerű alkalmazás.

A korai photophone kísérletekben azért nem mutatkozott meg egyértelműen a keletkező hang anyagfüggése, mert a Nap, más esetben az alkalmazott higanyos ívlámpa fénye széles spektrumú. Lényegében csak érdekességnek tekintették a jelenséget, nem tulajdonítottak neki fontosságot. A lézeres megvilágítás és a jó minőségű detektor ismét ráirányította a figyelmet a fotoakusztikus vizsgálatokra. A hetvenes, nyolcvanas években annyira megnőtt az érdeklődés, hogy ez a tudományterület egy önálló folyóirattal is jelentkezett (Journal of Photoacoustic). A fotoakusztikus gázelemzők a gázkromatográfokkomoly versenytársaivá váltak.

A **6. ábrán** egy modulált fénnyel működő fotoakusztikus gázelemző leegyszerűsített vázlata látható. A gáz átáramlik a fotoakusztikus kamrán. A megvilágítására használt fénysugár fényerősségben modulált lézerfény, a hullámhossza a vizsgálni kívánt gázösszetevő elnyelési hullámhossza.

A rövid fényimpulzussal vagy a modulált fénysugárral megvilágított kamrában a gázmolekulák által elnyelt fotonok miatti gerjesztett állapotból való relaxáció során helyi hőmérséklet-emelkedés jön létre, ez lokális hőtágulást okoz. A fényimpulzusokkal megvilágított gázban ezek a helyi tágulások azután lecsengő nyomásingadozás-sorozathoz vezetnek, ez kelti a hangot. A modulált, periodikusan változó erősségű megvilágítás a gerjesztő fénysugár modulációs frekvenciájával megegyező frekvenciájú periodikus nyomásingadozást okoz, ez észlelhető akusztikus hullámként, hangként (aminek a frekvenciája az előzőek alapján megegyezik a fénysugár modulációs frekvenciájával).

A keletkező hangot mikrofon érzékeli, ennek a jelét dolgozza fel a detektáló és jelfeldolgozó egység. Ha a fényforrás teljesítménye egyértelműen adott, a fényteljesítményt mérő elem el is hagyható. A használata akkor elengedhetetlen, ha a belépő fény mennyisége változhat. A mikrofon által mért jel U, μV amplitúdója egyenesen arányos a gerjesztő fénysugár P, mW teljesítményével, a mérendő gáznak a gerjesztő fény hullámhosszához tartozó α, 1/cm abszorpciós együtthatójával, a mérésre használt mikrofon M, μV/Pa érzékenységével és az elnyelő gáz c, ppm koncentrációjával:

$$U = P \alpha M c €,$$

ahol C, Pa cm/mW az ún. kamra-állandó, ami a fotoakusztikus kamra akusztikus tulajdonságaitól függő konstans. A bemutatott összefüggés leglényegesebb tulajdonsága az, hogy a koncentráció és a mért hangjel amplitúdója lineárisan függenek össze. További fontos jellemzője az elrendezésnek, hogy ez a linearitás a fotoakusztikus spektroszkópia esetében 5-6 nagyságrenden keresztül érvényesül (korábban alkalmazott spektroszkópiai módszereknél többnyire csak 1-2 nagyságrenden keresztül valósult meg hasonló arányosság). A módszer előnye még, hogy ezzel rendkívül kis anyagmennyiségek, kis koncentrációk is érzékelhetőek, igen jó a spektrális felbontás. Az érzékenységet a rezonanciák kihasználásával tovább lehet fokozni. Így pl. a fénysugarat moduláló frekvenciára hangolható a piezoelektromos érzékelő (a mikrofon) és a fotoakusztikus cella akusztikai viselkedése is.

4. Fotoakusztikus mérések, alkalmazások

Ma már olyan szerteágazó a fotoakusztikus méröeszközök és vizsgálati eljárások választéka, hogy a következőkben csak ízelítőt adhatunk a sokszínű alkalmazási lehetőségekből. A professzionális eszközök hangolható diódalézerekkel állítják elő a szükséges hullámhosszúságú monokromatikus fényt, olcsóbb kivitel esetén egy széles spektrumú fényforrást és színszűrőt alkalmaznak. A modulációt vagy a dióda vezérlésével állítják elő, vagy a fénysugarat lyuggatott tárcsa, esetleg két vagy több szárnyú propeller forgatásával szaggatják meg. Az érzékelés piezoelektromos átalakítóval vagy kondenzátormikrofonnal történik.

4.1. Gázok spektroszkópikus vizsgálata

A korszerű fotoakusztikus készülékek között a legrégebben építettek a gázok vizsgálatát tették lehetővé. Mivel a vizsgált gázban levő anyagi összetevők abszorpciós viselkedése határozza meg a keletkező hangjel nagyságát, ez az eszköz a gázok abszorpciós spektrumának felvételére alkalmas. A mérést a környezet szórt fényei nem befolyásolják, mert a szórt fény nem kelt fotoakusztikus hangot. A vizsgáló fény modulációs frekvenciájával a fény behatolási mélységét lehet változtatni, így akár mélység szerinti vizsgálatokat is el lehet végezni. Ha a fényforrás (célszerűen a mai eszközökben vezérelhető lézerdióda) frekvenciáját változtatják, a spektrum felvételére van lehetőség. Ha egy adott összetevő

jelenlétét kell kimutatni, akkor annak valamelyik elnyelési frekvenciáján kell a lézernek működnie. Pontosabb a mérés, ha több spektrumvonal frekvenciájának megfelelő fénnyel világítják meg egyidejűleg a vizsgált gázt.

A fotoakusztikus spektroszkópia (Photoacoustic Spectroscopy, PAS) egyik nagy előnye, hogy ezek a készülékek hordozható kivitelben is készülhetnek, így bármilyen helyszínen elvégezhetők a vizsgálatok. A módszer különleges előnye, hogy a fotoakusztikus térbe folyamatosan be lehet vezetni a vizsgált gázt, így valós idejű méréseket lehet végrehajtani, akár terepi viszonyok között is. A spektroszkópok által szolgáltatott jelek kiértékeléséhez referencia jelre is szükség van. Ezt valamilyen jól felismerhető spektrumú anyag segítségével állítják elő a készülékekben.

Példaként bemutatjuk a Luma Sense cég Innova 1512 készülékét. A *Luma Sense Technologies GmbH* Németországban, a *Luma Sense Technologies Inc.* az USA-ban működik. Az Innova 1512 „Multi-Gas Monitor", azaz egyidejűleg több gáz mérésére alkalmas fotoakusztikus elven működő készülék (**7. ábra**). Használható akár külterületen, akár gyártási folyamatba beépítve, akár laboratóriumban. Infravörös fénnyel működik; olyan gázokat ismer fel, melyek ebben a sugárzási tartományban képesek energiát elnyelni, felvenni. Több mint 33 féle gázt, gőzt tud kimutatni. A megvilágítás pontos frekvenciáját egy sokelemű optikai szűrőrendszer állítja be. Egy mérés folyamán legfeljebb ötféle gázt vagy gőzt érzékel a mintában, ezek koncentrációját méri, tárolja valós időben.

4.2. Fotoakusztikus gázdetektálás, légszennyezettség-vizsgálat

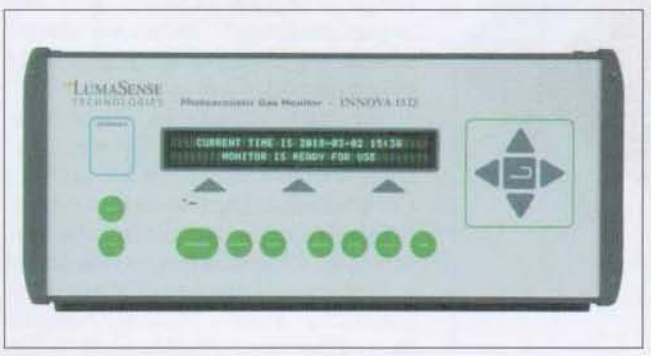
A gázdetektálás lényegében a spektroszkópok használatára épül, de a mért jel feldolgozása más szempontok alapján történik. Egyszerűbb esetben egy gáz jelenlétét vagy hiányát kell csak kimutatni, nagyobb igényű mérés esetén a kiválasztott gáz koncentrációját is meg kell határozni. A fotoakusztikus mérés milliárdodrésznyi koncentrációt (ppb mértéket) képes nagy megbízhatósággal, jó felbontással érzékelni, kimutatni.

Az egyéb hasonló célú mérőeszközöknél a fotoakusztikus mérőkészülékek megbízhatóbbak, pontosabbak. Ez elsősorban a nagy szelektivitásból ered. Ezek a készülékek mobil vagy terepre telepített eszköz formájában is kialakíthatóak, utóbbi esetben felügyelet nélkül, automatikusan végezhetik a meghatározott gáz vagy gázelegy jelenlétének vizsgálatát, vagy a koncentráció elemzését. Zárt térben vagy szabadban egyaránt működtethetők.

A légszennyezettség mérésére a fotoakusztikus eszközök a korábbiaknál hatékonyabbak, pontosabbak, megbízhatóbbak és a felhasználásuk is előnyösebb. A levegőmintát közvetlenül szívja be a készülék, a vizsgáló kamra (a fotoakusztikus kamra) csak néhány köbcentiméteres, így folyamatosan átöblíthető, a mérés tehát valós idejű. A mérés megkezdését követően egy-két perc múlva már eredményt lehet kapni, ami folyamatosan követi a belépő gáz változásait. A szennyező anyag lehet gáz vagy por jellegű. Alkalmasak a készülékek mérgező és szennyező gázösszetevők, porok folyamatos megfigyelésére és jelzésére (monitorozásra), veszélyes gázok megjelenésének jelzésére, ilyen gázok azonosítására.

4.3. Fotoakusztikus mérések a mezőgazdaságban, állattenyésztésben

A mezőgazdaság, az állattenyésztés korszerű eszköztárában már jelentős szerepet játszik a fotoakusztika alkalmazása. A gázanalizáló berendezések a növények, állatok környezetének vizsgálatára használhatóak fel. Az istállók automatikus klímaberendezései működésében a levegő széndioxid- és vízgőz-koncentrációjának a mérése hatékonyabb és gazdaságosabb működés lehetőségét teremti meg, követhető az ammóniatartalom is. A zöld növények életének alapja a fotoszintézis, ennek eseményei is követhetőek fotoakusztikus mérésekkel. Más esetben a magvak feldolgozásakor használnak ilyen mérőberendezéseket, pl. a nedvességtartalom valós idejű mérésére.



7. ábra

4.4. Orvosi, biológiai alkalmazások

Az orvosi diagnosztika hamar felfedezte a maga számára a fotoakusztikus mérésekben rejlő lehetőségeket. A nagy spektrális szelektivitás, a valós idejű mérés lehetősége, a fertőzésveszély minimális mértéke, a nagy megbízhatóság, pontosság igen vonzó tulajdonságok az orvostechnika területén. Sok olyan vizsgálatot is nem invazív (sérülést, szúrást, vágást nem igénylő) módon tesz lehetővé a fotoakusztikus mérőegység, amit korábban csak invazív módon (szúrt vagy vágott seb keletkezése mellett) lehetett elvégezni.

Egy gázelemző fotoakusztikus készülék közvetlenül, valós időben felhasználható pl. a kilélegzett levegő minőségének, gázösszetételének vizsgálatára. A mintavétel bármikor elvégezhető, kortól és egészségi állapottól függetlenül, akár lélegeztetés közben is. Ez a vizsgálati módszer nem jelent fertőzésveszélyt, valós idejű és költséghatékony megoldás. Alkalmas ételallergia esetén hidrogén és metán kimutatására a kilélegzett levegőben. Ma már rutinszerűen alkalmazzák diagnózis felállításához, terápia közben a hatások nyomon követésére, asztma vizsgálatában, transzplantált szervek kilökődési folyamatának előjelzésére, véralkohol-koncentráció megállapítására, műtét közben vagy intenzív osztályon történő megfigyelésre.

A nem-invazív vizsgálatok előnye jól érzékelhető a fotoakusztikus vércukormérésnél. A hagyományos vércukorméréshez egy apró szúrt sebből vesznek vérmintát. Mivel a vércukorban elnyelődő, azt gerjeszteni képes hullámhosszúságú fény áthatol a bőrön és az ereket körülvevő szöveteken, valamint az érfalon, ezért mindezeken keresztül azaz a bőrön át megvilágítható az érben áramló vér. A fotoakusztikus hatás révén létrejövő hanghullámok is keresztül tudnak haladni a szöveteken és a bőrön, így a bőr külső felszínénél érzékelhetőek mikrofonnal. Ezeket a hatásokat fel-

8. ábra

használva készülnek a nem-invazív fotoakusztikus vércukormérő készülékek. Ezek használata során tehát nincs szükség a testből kivett vérmintára, a vizsgálat nem jár szúrással, sebzéssel. Ez a betegeknél, különösen a gyermekeknél igen fontos előny, emellett kizárja a fertőzés veszélyét is.

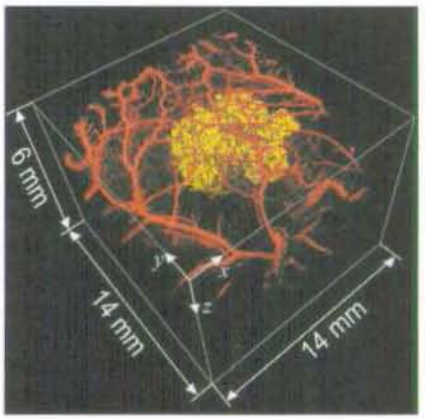
Számos orvosi műszergyártó forgalmaz fotoakusztikus elven működő, nem invazív vércukor-monitorozó eszközöket. A *DiaMonTech GmbH* (Németország) cég 2018-as fejlesztése a DMT glükóz-monitor. A DMT eszközsorozat 2018-ban forgalomba hozott alaptípusa („Basic") 60×100×50 mm méretű. A cég folyamatosan dolgozik a miniatürizáláson, 2019 második felére ígérik a „Pocket" (**8. ábra**) kivitelt, ami mobiltelefon méretű és alakú. Az érzékelő felületre kell szorítani a vizsgált személy ujjbegyét, s a készülék 5…15 s múlva kijelzi a vércukorszintet. A DMT „Band" (**9. ábra**) karóra jellegű és méretű készülék, a megfigyelt személy a csuklóján hordja majd. Ennek a monitorozó eszköznek a piaci forgalmazását a gyártó 2021-re ígéri. A beépített adattároló a monitorozás során mért értékeket folyamatosan kijelzi és eltárolja, ha az alsó vagy a felső határértéket a mért vércukorszint átlépi, riasztó kép- és hangjelzést ad. A DMT glükózmonitorozó sorozat tagjai okostelefon-applikációkkal is kommunikálhatnak, így a mért értékek azonnal elküldhetők a kezelőorvoshoz is.

Tulajdonképpen kézenfekvő lehetőség a fotoakusztikus hatás arra, hogy az emberi fülben tetszőleges hangzásokat lehessen kiváltani. A MIT kutatói publikáltak ezen a területen eredményeket. A levegőben levő vízgőz gerjesztésére alkalmas hullámhosszúságú lézerfényt használtak fel, ezt modulálták beszédhanggal, más esetben zenével. A füljáratokban levő levegő vízgőz tartalma e modulált fénysugár hatására elektroakusztikus módon a modulációnak megfelelő frekvenciájú hangot állította elő. A kísérletben résztvevők a beszédet is, a zenét is tökéletesen hallották. A modulált fénnyel „bevilágított" térben bárhol hallható, alkalmas lehet pl. a hagyományos hangosítás kiváltására, vagy múzeumokban a tájékoztató szöveg továbbítására akkor is, ha magas a háttérzaj. Jól használható a jelenség a hallásképesség vizsgálatában, a fül esetleges betegségeinek diagnózisában is.

A kutatók a továbbiakban olyan megoldásokat is keresnek, amelyekkel személyessé lehet tenni a fényhang vételét, azaz meg kívánják oldani azt, hogy egy embercsoport jelenléte esetén is csak egy vagy néhány kiválasztott személy fülében jelenjen meg a továbbított hangüzenet.

A diagnosztikában egyébként is igen nagy lehet a fotoakusztikus hatás felhasználásának jelentősége. Számos olyan megbetegedés ismert, amelynek jelenléte esetén olyan anyag szaporodik fel a szervezetben, ami egyébként nincs jelen vagy csak kis mennyiségben fordul elő. Így pl. jól felismerhető a melanóma vagy melanoma malignum, a bőr pigmenttermelő sejtjeiből (melanocyta) kiinduló rosszindulatú daganat. A melanómás sejtekben levő, burjánzó pigmentsejt melanint termel, ami megjelenik a beteg vérében is. Ez az anyag a kék lézerfényt nyeli el, annak hatására kerül gerjesztett állapotba s így fotoakusztikus hangot kelt. Ezeket a kísérleteket a Columbia Egyetem (USA) kutatói végezték el.

9. ábra



10. ábra

Mivel más esetben a szervezetben ez az anyag nem fordul elő, a modulált kék lézerfénnyel történő megvilágítás közben mikrofonnal észlelhető hang egyértelműen utal a melanóma jelenlétére a szervezetben. A vizsgálat mindössze percekig tart, s már a kialakulóban levő daganatos jelenséget is jelzi. Mivel más daganatos megbetegedések is együtt járnak sajátos vegyi anyagok megjelenésével, a vizsgálat további tumorok jelenlétének kimutatására is továbbfejleszthető.

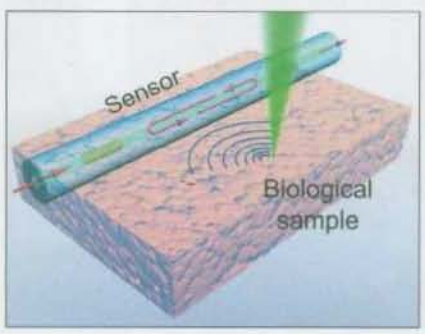
Rendkívül nagy jelentőségű a biológiai vizsgálatokban, az orvosi diagnosztikában a fotoakusztikus képalkotás. A vizsgált testtájékot az ultrahangok frekvenciatartományában modulált lézerfénnyel világítják meg, így a fény hullámhosszával kiválasztható anyagok ultrahangot keltenek. Ezt az ultrahang-sugárzást ugyanúgy fel lehet képalkotásra használni, mint a hagyományos UH vizsgálatok visszhang jelét. A fotoakusztikus képalkotás újszerűsége és előnye abban van, hogy meg lehet választani azt az anyagot vagy anyagcsoportot, ami a kisugárzott ultrahangot előállítja, így a szövetek belsejében kiválasztható az az anyagi minőség, aminek a képét meg kell jeleníteni. A hagyományos ultrahangos vizsgálat képein a különféle anyagi minőségek, sűrűségek alapján jelenik meg kép, míg az új eljárásnál a kiválasztott anyagok alapján.

Az első képalkotási kísérleteket 2007-ben a Londoni Egyetem kutatói végezték el, kb. öt év múlva a fotoakusztikus képalkotás már rutineljárásnak számít a kiserek vizsgálatában, tumorok felderítésében. A **10. ábrán** a *Technische Universitat Berlin* (Németország) kutatói által egy tumorról és a környezete érhálózatáról készített háromdimenziós felvétel látható.

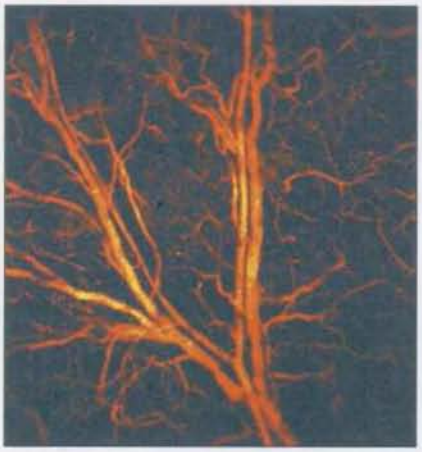
A készülékek méretei csökkentek, így hordozható kivitelben is hozzáférhető az eszköz. A módszer olyan minőségű képeket állít elő, amelyek kiértékelése lehetővé teszi egészen korai stádiumú tumoros elváltozások felismerését. Ilyen esetben a sebészeti beavatkozást és a kemoterápiás kezelést követően az ötéves túlélési arány akár 90% is lehet. Különösen nagy szerepet szánnak ezeknek az új vizsgálatoknak a női mell és petevezeték, petefészek, a férfi prosztata, a szem, a nyirokcsomók, a bőr, a pajzsmirigy, a belek és a gyomor, a húgyhólyag megbetegedéseinél és a keringő tumorsejtek felismerésében. A fotoakusztikus képalkotás használatakor finoman hangolható a térbeli mélység, a képalkotás felbontása, így pl. a tumorokról rendkívül élethű térbeli képeket lehet nyerni. Egyes készülékek makroszkópikus és mikroszkópikus felbontásra is beállíthatóak, így leegyszerűsítve a kétféle felbontást igénylő vizsgálatokat.

A fotoakusztikus képalkotás kihasználja azt a tényt, hogy az élő szövetek számos olyan anyagot tartalmaznak, melyek abszorpciós spektruma jól elkülöníthető egymástól, a környezettől (pl. a víz, a zsír, a hemoglobin). Sok betegség megváltoztatja ezek koncentrációját, ez is segíti a megfelelő diagnózis felállítását. A képalkotást kívülről adagolt szerekkel is lehet javítani, olyan anyagokkal, melyek a vizsgált szövetrész egyes elemeiben feldúsulnak és a képalkotás során jól láthatók.

Az új képalkotás az égési sebek értékelésében is jelentős előrelépést jelent, a szöveti életképességet pontosabban meg lehet így határozni, mint egyéb módszerekkel. Az izületek és porcok vizsgálatában is új lehetőségeket hoz a módszer. Újszerű lehetőség az újszülöttek vizsgálata fotoakusztikus képalkotás felhasználásával, elsősorban az egyéb módszerekkel nem vizsgálható elváltozások felismerésére. A kisgyermek agyáról készült felvételeken az



11. ábra



12. ábra

agyi ereket is tanulmányozni lehet, míg az ultrahangos vizsgálatoknál a csontozaton szóródó hullámok miatt ez a felbontás nem érhető el.

Az új képalkotó eszköz a műtőbe is bevihető, és operáció közben, valós időben követhető a segítségével a műtéti területen az oxigénellátottság, az életképesség esetleges változása. Különösen jelentős lehet ez a lehetőség szervátültetéseknél, amputációknál. A megnövekedett felbontás a daganatok műtéti eltávolítása során is hatalmas előnyt jelenthet.

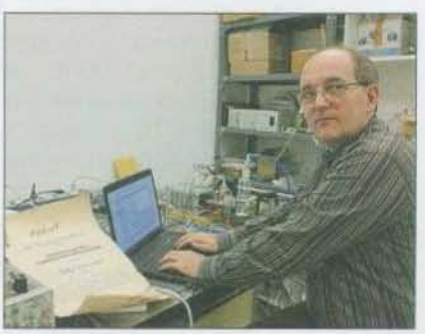
A lézertechnika, a detektorok és a feldolgozó szoftverek fejlődése várhatóan a közeljövőben a testben megvalósuló áramlások valós idejű megfigyelését is lehetővé teszik majd. Maga a fotoakusztikus képalkotás ugyanis ezt elvileg biztosítja. A keletkező hang (ami az orvosi képalkotás során általában ultrahang) érzékelőin is igyekeznek javítani a kutatók, a még jobb felbontás és érzékenység érdekében. Érdekes kezdeményezés a kínai *Jinan University* rúd alakú ultrahangszenzora (**11. ábra**), amivel bizonyítottan finomabb részleteket lehet megfigyelni. A szenzor lézerfényt vezető üvegszál-rostból áll, amit az ultrahang deformál. A deformáció a lézerfényt modulálja, s ezt a változást dolgozza fel a képalkotó rendszer. A **12. ábrán** a kínai kutatók egyik felvétele látható, ami egy egér fülének hajszálereit ábrázolja, az új szenzor felhasználásával.

5. Az MTA-SZTE Fotoakusztikus Kutatócsoport és partnerei eredményei

Ha magyar nyelven keresünk a fotoakusztika témaköreiben olvasnivalót az interneten, a találatok szinte kivétel nélkül a *Szegedi Tudományegyetemen* működő *MTA-SZTE Fotoakusztikai Kutatócsoporthoz* kapcsolódnak. A tanulmányok, leírások, tájékoztatók többségének szerzője *dr. Bozóki Zoltán* (**13. ábra**), a kutatócsoport tudományos tanácsadója. A kutatócsoport vezetője *dr. Szabó Gábor* professzor, aki 2018-ig az SZTE rektora is volt. A következőkben a folyóiratokban megjelent publikációk és egyetemi beszámolók alapján ízelítőt adunk a kutatási területeikről. Aki részletesebben is megismerkedne a kutatócsoport eredményeivel, bőségesen talál olvasnivalót a munkáikról az interneten.

A csoport elsősorban a gázelemzéssel foglalkozik. 1995-ben kezdték el egy olyan gázelemző fejlesztését, amely a gázüzemekben a földgáz vízgőztartalmának folyamatos mérésére alkalmas. A fejlesztést a *MOL Nyrt.* karolta fel, a laboratóriumi prototípus működőképességét látva azután terepi változatot kért az egyetemtől. Ennek létrehozása további fejlesztő munkát igényelt, elsősorban a felhasznált elemek hőmérsékletfüggésének csökkentése érdekében. A fejlesztő tevékenységben nagy segítséget nyújtott a *Videoton holding Zrt.*, az elektronikai témájú problémák megoldásának segítésével. Amikor a MOL már több helyszínre is telepíteni kívánta a mérőkészüléket, a gyártásra létrehozott egy új céget, a *Hilase Kft.*-t (2004-ben). A kutatási témáért felelős ügyvezető igazgatói feladatkört dr. Bozóki Zoltán vállalta magára. A Kft számára a MOL megvásárolta a gyártási jogokat. A **14. ábrán** egy Hilase terepi gázanalizátor látható.

A sikeres fejlesztés eredményét, a földgázelemző műszert ezután külföldi piacokon is megpróbálták értékesíteni, de ez az újszerű mérési elv és az ismeretlen gyártó miatt nagyon nehézkesen akart megvalósulni. A külföldi piacokat végül úgy sikerült meghódítani, hogy 2017-ben az SZTE



13. ábra

14.ábra

együttműködési megállapodást kötött a nagy múlttal rendelkező holland gázelemző-műszer gyártó és forgalmazó céggel, a *Hobré Instruments BV*-vel (a **15. ábrán** látható a szerződés aláírása, középen dr. Szabó Gábor, az SZTE akkori rektora). A Hobré hamarosan egy gyártó egységet telepített Algyőre, s megvásárolta a földgázipari gyártási jogokat. Ezzel együtt a holland cég feladata lett a telepítés, a szervizelés is, amit az egyetemi kutatók vagy a Hilase fizikusai, mérnökei nagyon nehezen tudtak volna megoldani. Az együttműködés keretein belül az SZTE kutatói továbbra is vállalták a fejlesztési tevékenységet.

Az eddigiekből látható, hogy az SZTE kutatói a gázelemző fotoakusztikus készülék fejlesztésére összpontosítottak, a MOL igényének megfelelően elsősorban a földgáz vízgőztartalmának mérésére. Egy érdekes további feladat volt a felsőlégköri vízgőzkoncentráció mérésének megoldása. A *CARIBIC EU* projekt keretében egy repülőgépre telepített műszerrel oldották meg a mérést 2004-ben, amihez a mérőkészüléket alaposan át kellett alakítaniuk. A repülőgépre így egy továbbfejlesztett, átalakított, kétcsatornás fotoakusztikus elemző került, az SZTE és a Hilase Kft. közös munkájának eredménye. A készülék alkalmas a felhők vizsgálatára is, ki tudja mutatni a felhőben levő víz szilárd vagy cseppfolyós állapotát is.

A bioszféra által kibocsátott ammónia fotoakusztikus mérésére is sikerült mérőkészüléket kialakítania az SZTE kutatóinak. A műszer folyamatos és valós idejű adatokat szolgáltat terepi körülmények között, az általa érzékelhető legkisebb ammóniakoncentráció 10 ppb. A készülék alkalmas pl. a műtrágyázást követően a levegőben megnövekvő ammónia kimutatására.

A felső légkör és a földfelszíni levegő ózontartalmának ismerete az utóbbi évtizedekben rendkívül fontossá vált. Az ózon fotoakusztikus érzékelése azért problémás, mert az abszorpciós maximuma 254 nm-en található, ilyen hullámhosszra nem létezik diódalézer. A kutatócsoport a szükségesnél négyszer kisebb frekvenciájú lézer frekvenciáját nemlineáris optikai rendszerrel négyszerezte, így 266 nm-es hullámhosszú fényt tudtak előállítani, ahol az ózon abszorpciója még kellően nagymértékű. A megépített készülék érzékenysége rendkívül jó, 2 ppb nagyságú!

Az élelmiszerek, gyógyszerek eltarthatóságát jelentősen befolyásolja a felhasznált műanyag fóliák gázáteresztő képessége. A vizsgált fóliával lezárt teret a kifejlesztett mérőberendezésben a vizsgálni kívánt gázzal feltöltötték, majd a fólián át a felette lévő térbe diffundált gáz mennyiségét mérték fotoakusztikus megoldással.

A kilélegzett levegő összetételének elemzésére alkalmas fotokusztikus analizátort is fejlesztettek az SZTE kutatói. Ennél a mérésnél nagyon fontos, hogy a készülék minél rövidebb idő alatt megbízható, jó felbontású, pontos eredményeket szolgáltasson. A mérés során egyszerre kell nagy koncentrációjú összetevőket (pl. szén-dioxid, vízgőz), és egészen kis mennyiségű gázokat megfigyelni. A méréshez egy újszerű, nyitott fotoakusztikus kamrát kellett kialakítani, így lehet nagy sebességgel átáramoltatni az eszközön a kifújt levegőt.

A kutatócsoport nemzetközileg is elismert eredménye a levegőben levő szálló por, szmog, korom mérésére alkalmas fotoakusztikus berendezés létrehozása. Magyarország levegője jelentős mennyiségű természetes port tartalmaz, de az egészségünkre elsősorban nem ez hat károsan, hanem az emberi tevékenységből származó szálló szilárd részecskék sokasága. A készüléket elsősorban a szálló fekete és barna korom érzékelésére hozták létre. A mérési eredmények alapján eldönthető, hogy a szmog elsősorban a közlekedő járművekből vagy a fűtésre használt készülékekből ered-e. Ez az ismeret pedig a védekezési döntéseket segítheti. A készülék a gépjárművek károsanyag-kibocsátásának pontosabb, szelektívebb mérését is lehetővé teszi.

A biológiai, mezőgazdasági kutatásokat segítik azok a fotoakusztikus mérőkészülékek, amelyek a növények fotoszintézisének megfigyelését teszik lehetővé. Az egyik analizátorral a növény által termelt oxigén, és az ehhez felhasznált szén-dioxid mennyiségét lehet valós időben, nagy érzékenységgel mérni. Egy másik készülék esetében a fotoakusztikus kamrát vízzel töltik fel, s abban helyezik el a vizsgált növényi részt, pl. levéldarabot.

6. A TeraHertzes sugárzás és hasznosítása

A TeraHertz-es sugárzás vagy T-hullám, T-sugárzás (T-Ray) kicsit kakukktojás ebben az áttekintésben. Igaz ugyan, hogy a felhasználáskor ebből az elektromágneses sugárzásból is ultrahangot állítanak elő, majd ennek segítségével történik meg a képalkotás, de azt, hogy a T-hullám fény-e vagy sem, nehéz eldönteni. Az elektromágneses spektrumon a TeraHertz sugárzás a mikrohullám felső határa és a távol-infravörös között helyezkedik el, hullámhossza a 3 mm és a 300 mikrométer közötti, frekvenciája $3 \cdot 10^{11} \ldots 3 \cdot 10^{12}$ közé esik. Ezért lehet erre a sugárzásra úgy tekinteni, mint a

15. ábra

legrövidebb hullámhosszúságú infravörös fénynél is nagyobb frekvenciájú fényre. De azt is mondhatjuk, hogy az elektromágneses spektrumnak ez a tartománya az elektronika és az optika határterülete.

A spektrumnak ezt a részletét kevésbé ismerjük, ezekkel a sugárzásokkal csak a legutóbbi időben, az 1950-es években kezdtek el foglalkozni a fizikusok, az alkalmazási lehetőségeiket is csak azóta vizsgálják. A TeraHertz sugárzás érzékelését is csak néhány évtizede sikerült megoldani, a szenzorok viszont terjedelmesek és érzékenyek a melegre és a mechanikai rezgésekre. A repülőtereken nagyméretű kapukként találkozhatunk ezekkel az átvilágító eszközökkel, melyek elsősorban folyadékok és fémtárgyak felderítésére alkalmasak. A poggyászokban a TeraHertz-es átvilágító a műanyag- vagy kerámia-jellegű fegyvereket, a fémet nem tartalmazó robbanószerkezeteket, a kábítószereket jól kimutatja. Az orvosok számára új átvilágítási lehetőség pl. a szuvas fogak belső üregeit képes kimutatni, különféle bőrelváltozásokat lehet felfedezni a használatával.

A T-hullámok sajátosan viselkednek különféle anyagokkal találkozva. A folyadékok nagymértékben elnyelik a sugárzást, a testünk lágy részei többé-kevésbé átengedik magukon, a fémek pedig visszaverik. Mivel a repülőtéri TeraHertz-es testátvilágító által előállított kép a személy felismerésére nem alkalmas, a személyiségi jogokat tekintve kevésbé aggályos az alkalmazása. Ugyanakkor szükségessé vált kisebb méretű, mobil illetve kézi detektorok használata is, de ilyeneket sokáig nem tudtak készíteni.

A problémát az *University of Michigan* (USA) kutatóinak sikerült megoldani, újszerű érzékelő kialakításával. Szenzoruk milliméteres méretben is elkészíthető, sőt, a továbbiakban valószínűleg tovább tudják csökkenteni a méretét, s az egész detektort csip-jelleggel is megvalósíthatják. Tervezik az érzékelő orvosi alkalmazását is, diagnosztikai és képalkotó készülékekben egyaránt. Természetesen a hatékony alkalmazáshoz kis méretű TeraHertz sugárforrást is elő kell majd állítani, ezzel egyelőre az UM nem foglalkozik. Ugyanakkor számos fizikai testnek és az élőlényeknek saját T-hullám sugárzása is van, ennek a megismerésében az új eszköz sokat segíthet a továbbiakban.

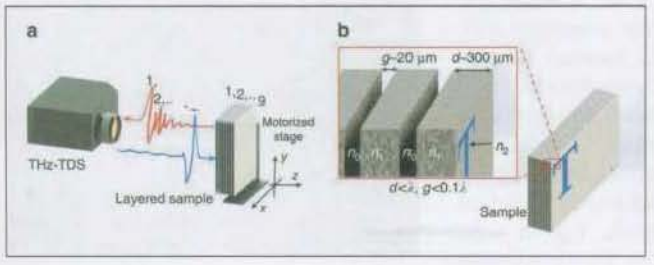
17. ábra

A szenzor polidimetilsziloxán (PDMS) alapú. A dimetilsziloxán szilícium alapú szerves anyag, számos közismert termék alapeleme (ilyenek pl. a szilikonolaj, a szilikonzsír). A polimerizált dimetilsziloxán üreges, rácsos szerkezetű, az UM kutatói a molekulák belső üregeit szén nanocsövekkel töltötték ki. A T-hullámokat a szén nanocsövek elnyelik, eközben felmelegszenek, a besugárzás megszűnésekor lehűlnek. Ez a hőmérsékletváltozás a polimer szerkezet kitágulását, majd összehúzódását eredményezi. Ha a T-hullámot ultrahang-frekvenciával modulálják, a detektor az adott frekvenciájú ultrahangot fogja kisugározni a hatására.

Az új érzékelő, amellett, hogy kis méretű, nagy érzékenységű és szobahőmérsékleten működik.

Az ultrahang feldolgozása, a megfelelő letapogatás megoldásakor a képalkotás már lényegében megoldott. Az UM azonban a szokásos UH detektorok helyett is kidolgozott egy sokkal kisebb méretű, akár szilíciumcsipen belül is kialakítható érzékelőt, egy mikro-gyűrűrezonátort. A teljes átalakító működési sebessége olyan nagy, hogy valós idejű vizsgálatokat, méréseket tesz lehetővé.

A kis méretű TeraHertz-es képalkotó rendszer különleges alkalmazását dolgozta ki a MIT egyik kutatócsoportja. Olyan rendszert hoztak létre, amelyik egy becsukott könyv olvasására alkalmas. A fedőlapon keresztül „világítják meg" a könyvet, a sugárzás behatolási mélységét a teljesítménnyel lehet befolyásolni. A visszaverődő sugárzás tartalmazza a betűkre vonatkozó információt, amit egy különleges algoritmus segítségével lehet értelmezni. A visszavert sugárzás késleltetési idejéből számolható ki, hogy milyen mélységből, azaz melyik oldalról érkezett vissza, s a „fénysűrűség", illetve az annak alapján előálló „hangerősség" szoftveres kiértékeléséből a betűket azonosítani lehet. A kutatók jelenleg egy puhafedeles könyv első 9 oldalát képesek kiolvasni eszközükkel, a könyv kinyitása nélkül (**16. ábra**)! A kutatás iránt a múzeumok is érdeklődnek, mert a régi, nagy értékű kiadványok kíméletes használatának lehetőségét látják benne.



16. ábra

7. Az égbolt fényeinek hangjai

A fény hangjaival kapcsolatos eszmefuttatásunkat égi jelenségek hangjaival zárjuk. Ezekben az esetekben az a különleges, hogy a szóba kerülő égitestekkel a mindennapi életben csak úgy találkozunk, mint fényjelenségekkel. A következőkben tehát az égboltunkon ragyogó tüneményekből származó hangokról lesz szó. Érdekes lesz elgondolkodni azon, hogy a hanghatásokat mennyire tudjuk azonosítani a megfelelő égi látványokkal.

7.1. A sarki fény hangjai

A sarki fény (**17. ábra**) Földünk sarkainál a légkörbe belépő töltött részecskék (főleg protonok és elektronok) által előidézett, időszakos fényjelenség. Maga a fény az északi sarkkörtől északra, a délitől délre látható. A megjelenő színek arra utalnak, hogy

milyen anyagrészeket ionizálnak a belépő részecskék. Az oxigén vörös és zöld, a nitrogén kék és ibolya színeket állít elő a gerjesztés hatására. Az egyesülő protonok és elektronok ionizált hidrogént hoznak létre, ami vörös, kék és ibolya színeket bocsát ki.

Az északi népek ősi legendáiban gyakori esemény, hogy a fényjelenséget hang is kíséri, azonban ezt a hangot sokáig nem sikerült rögzíteni és elemezni. Az 1900-as évek elején kutatók foglalkoztak a jelenséggel, de negatív eredménnyel záródtak a vizsgálódások. Az 1960-as években a NASA hivatalos nyilatkozatban tagadta az északi fény hangjának létezését.

Unto Laine finn professzor (Aalto Egyetem, Finnország) még az 1990-es évek végén kezdett el a hanggal foglalkozni.

2004-ben három mikrofonból álló rendszert telepítettek az északi fény leggyakoribb előfordulási területén, és sok gigabájtnyi hangfelvételt készítettek. Elkezdődött a szoftveres értékelés, de csak 2012-ben tudták az első eredményt bizonyítottan felismerni a mintákban. Az [1] weboldalon szereplő nyolc másodperces hangfelvétel az első, igazoltan az északi fényből származó hanghatás, ugyanis a három mikrofon azonos időben és jelleggel rögzítette. Hamarosan további felvételekkel is tudták bizonyítani a hang létezését, majd a keletkezésének módját is leírták. A különleges hang kb.70 m magasan keletkezik, amikor inverziós réteg jön létre a légkörben. (Ennek az a jellemzője, hogy a magasság és hőmérséklet szokásos összefüggése megfordul, invertálódik benne.) Az ionizált részecskék és az inverziós réteg határfelülete ütközésekor keletkezik a hanghatás, ami a talaj felé közeledve pattogó, kerepelő hangból akár dörgésszerű robajjá is válhat.

A hang keletkezéséhez különleges légköri állapotra van szükség. Egyrészt az időjárásnak tökéletes nyugalomban kell lennie, másrészt erőteljes geomágneses viharra van szükség. Ha ezek a feltételek fennállnak, szinte bizonyosan hallható a hang, ami az emberi fül számára csattogó, kerepelő hangzású.

A továbbiakban egyre több sarkifény-vadásznak sikerült hangfelvételeket készíteni erről a hangjelenségről. 2018-ban egy ilyen hangfelvétel-sorozat alapján, a Huawei támogatásával és technikai segítségével alkották meg a „Sound of Light" (A fény hangja) szimfóniát. A mű létrehozásában kulcsszerepet játszott a kínai gyártó Mate 20 Pro készüléke, az abba telepített MI szoftver felhasználásával. Tulajdonképpen a mesterséges intelligencia alkotása a zenemű. A „zeneszerzés" menetének leírása, a közreműködők névsora és egy 1,5 perces részlet a [2] címen található meg. A szimfónia bemutatója 2018. november 28.-án volt, Bécsben (**18. ábra**).

18. ábra

7.2. Meteorok hangjai

A meteorok, a légkörbe behatoló apró szilárd testek, porszemek felhevülnek és elégnek, ami nagyobb meteorok esetében a Föld felszínéről szabad szemmel is látható (**19. ábra**). Sajátos módon ennek a jelenségnek a hangja régóta foglalkoztatja a megfigyelőket. Az apró tárgyak megsemmisülése közben keletkező erős fény esetleges velejárója egy hanghatás, amit a gyenge szél hatására mozgó falevelek susogásához szoktak hasonlítani. Az esetleges megfigyelésekkor azonban zavaró volt, hogy a suttogó hang a meteor megjelenésekor azonnal hallható, ehhez viszont a hangsebesség nem elég nagy. Sokak szerint ezért a megfigyelt hang nem származhat a meteoroktól.

Új-Mexikóban sokszor kedvezőek a feltételek a meteorhang megfigyeléséhez, ott készült a [3] hangfelvétel is, 2014-ben. Sokan próbálták megfejteni e hangjelenség keletkezési módját, a *Sandia National Laboratories* (Új-Mexikó, USA) és a *Cseh Tudományos Akadémia (CAS)* 2017-es tanulmánya szerint lényegében fotoakusztikus hatásról van szó. Az elégő szilárd anyag fénylökéseket kelt, ezek a földi tárgyaknál felmelegedési sorozatot keltenek, ez adja a halk suttogó hangot. A hanghatásban közreműködő földi tárgyak falevelek, füszálak, vagy akár a megfigyelő hajszálai is lehetnek. A felizzó majd elégő ködarabból kilépő fény széles spektrumú, véletlen időközönként keletkezik. Éppen azért zaj jellegű a hanghatás. Ez a hanghatás csak kivételesen hallható, a hullócsillagon kívül rendkívül csendes környezet is szükséges hozzá. A meteorok hangjával kapcsolatban ez a teória azzal is igazolható, hogy az említett hangot azelőtt lehet hallani, hogy a végső felrobbanás hangja elérne a Föld felszínére (az előbbi hatás a meteortól fénysebességgel érkezik, az utóbbi csak hangsebességgel).

Egy sajátos technikával készített hangfelvételt [4] az USA *Air Force Space Cerveillance* Radar állomása (Texas, USA) egy meteorviharról. A felvétel lejátszása alatt olyan képeket láthatunk, amelyeket Ron Garan űrhajós készített a Nemzetközi Űrállomáson. A hangokat a Perseidák meteorraj megfigyelésekor rögzítették, 2011. augusztusában. A radarállomás mikrohullámú sugarakkal pásztázza az égboltot, a légtérbe ütköző meteorok sajátos visszaverődéseket hoznak létre. A visszavert nagyfrekvenciás jeleket konvertálták hallható hangokká. A felvételen a suhanásszerű hang a meteor légköri becsapódását jelzi, a felizzó anyag hatására keletkező ionizált gáz visszhangja a susogást követő vijjogásszerű hang.

7.3. Egy üstökös dala

Az üstökösök általában szabad szemmel is szép látványt nyújtanak, s azért is kedvesek, mert rendszeresen visz-

19. ábra

20. ábra

szatérnek. Van, amelyik egy emberöltő alatt csak egyszer látható, de pl. a 67P/Csurjumov–Geraszimenko üstökös keringési ideje 6,5 év. A 67P „bináris érintkező", egymásba kapcsolódott két objektum (**20. ábra**). Sokszor gumikacsához hasonlítják a formáját. Hőmérséklete miatt bizonyos, hogy nem csak jégből áll, hanem porral borított területei is vannak.

Az *Európai Űrügynökség* 2004. március 2-án indította útjára a Rosetta űrszondát, fedélzetén a Philae leszállóegységgel. (A Rosetta és a Philae elektronikájának fejlesztésében jelentős szerepet játszott az *MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont*, az *MTA Energiatudományi Kutatóközpont* és a *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem* is.) 2014. november 12-én az űrszonda leszállóegysége sikeresen landolt az üstökös felszínén, 500 millió kilométer távolságban a Földtől. Sajnos, a leszállás kedvezőtlen helyen valósult meg, a Philae napelemeit így gyakorlatilag nem érte a Nap fénye. Emiatt rövid működés után stand-by üzemmódra váltott. 2016 nyarán egy rövid időre még jelentkezett, majd végleg megszűnt vele a kapcsolat. Az űrszonda energiatartalékai 2016 szeptemberében merültek ki, azt követően a Rozetta az üstökös felszínére zuhant (a Földről vezérelt módon).

A Philae tíz különféle mérőműszert vitt magával, ezek az üstökös anyagáról, a leváló plazmáról, a napszél és a plazma kölcsönhatásairól, az üstökös felszínén az elektronikus, mágneses környezet dinamikájáról a rövid működési idő ellenére jelentős mennyiségű, jól felhasználható adatot küldtek. Az üstökös magja körül keringő Rozetta fedélzetén további műszerek működtek 2016-ig.

A földi állomásra beérkező jeleket folyamatosan értékelték, vizsgálták. Ez volt az első eset, hogy ember alkotta műszereket sikerült egy üstökösre eljuttatni, s így a magról és annak közvetlen közeléről adatokat lehetett gyűjteni. A mágneses mezőt mérő szonda jelében a kutatók érdekes jelenséget fedeztek fel. A térerősség mért értéksorában ritmikus, változó frekvenciájú változást észleltek, a 40...50 mHz-es frekvenciasávban. Annak érdekében, hogy hallhatóvá váljanak a rezgések, áttranszformálták a 20 Hz...20 kHz frekvenciatartományra. Ekkor, a kutatók nagy meglepetésére, egy sajátos dallamot hallottak [5]. Feltételezhető, hogy az üstökös magjából az űrbe kilépő, semleges, majd a plazmában ionizálódó részecskék következménye ez a mágneses „zene", a pontos fizikai háttér még nem ismert.

Az „üstökös dala" nem maradt titokban, nyilvánosságra hozták. Érdekes módon nemcsak maga a dallam lett népszerű, a különleges hang több dalszerzőt is megihletett. A kanadai *Andrew Huang* a *Beatles* ismert szerzeményét, az *„Across The Universe"* című dalt dolgozta át, a 67P hangjának elemeit használva fel [6].

7.4. A Naprendszer hangjai

A 67P zenéjének felismerése után a NASA szakemberei a más égitestekről származó elektromágneses sugárzási felvételeket is tanulmányozni kezdték. Ahol a mágneses mezőben felfedezhető volt az alacsony vagy magas frekvenciás változás, a már ismert módon frekvencia-transzformációval a rezgéseket a hallható tartományba helyezték. 2018 júliusában a NASA nyilvánosságra hozta a Nap hangját [7], amelyet ezzel a módszerrel tettek hallhatóvá. Ez egy mély, pulzáló zümmögés. A videón a narrátor az egyik kutató, *Alex Young*, a NASA egyik űrkutatási részlegének alelnöke, aki részt vett a Nap hangjának hallhatóvá tételében. A pulzáló zümmögés hallgatása majdnem olyan megnyugtató, mint a tenger morajlásának élménye. A kutatók azonban nemcsak hangélmény előállítása céljából alkották meg ezeket a hanganyagokat. A hallható hang és annak változásai a csillag belsejében történő eseményekkel és a kitörésekkel is összefüggésben vannak.

Rövidesen a Naprendszer minden bolygójának a hangját hallhatóvá tette a NASA, és nyilvánosságra is hozta ezeket. A [8] egy összefoglaló videó, a Nap és minden bolygója szerepel rajta. A videón a hangok hallgatása közben csodálatos felvételeken látjuk a bolygókat. Szerepel a Föld hangja is, amit a Voyager űrszonda által végzett mérések anyagának felhasználásával lehetett előállítani.

7.5. Hangok a Holdról

A hullócsillagok hangjának alapja a szilárd meteoranyag felizzásakor, majd szétrobbanásakor keletkező fényhatás, ami fotoakusztikus jelenséget vált ki a Föld felszínén. Az üstökös magjából atomi méretű részecskék folyamatosan válnak le, majd reakcióba lépnek az ionizált gázokkal, amik a csóvát alkotják. Ez a folyamat elektromágneses hullámokat gerjeszt, ezek lassú ütemű változásai konvertálhatóak hanggá. A Nap esetén egy gigászi atomerőmű dolgozik folyamatosan, az elektromágneses színkép szinte minden tartományában sugárzásokat keltve, s anyagi részecskék tömegét is kilökve magából. A mágneses mező itt is alkalmas arra, hogy hanggá transzformálva meghallgathassuk. A Naprendszer bolygóinak izzó, forgó magja mágneses mezőt kelt, amiben felfedezhető az ütemes, periodicitást is mutató térerősség-változás.

De mi a helyzet a Holddal? Hideg, mindig csak egyik oldalát mutató kísérőnk esetében a NASA nem talált hangként értelmezhető, meghallgatható hatásokat. Ugyanakkor egy érdekes hangjelenséget feljegyeztek az űrkutatás történetében hűvös kísérőnkkel kapcsolatban is.

Az Apollo–10 1969 májusi útja az amerikai NASA Apollo-programjának negyedik űrhajósokkal végzett repülése volt, és a második, amelynek során a Holdat meg is közelítették. Olyannyira, hogy az Apollo–10 és utasai minden lépést, manővert végrehajtottak, ami a holdra szállás tervében szerepelt, egyetlen mozzanat kivételével: nem szálltak le a Hold felszínére. Két űrhajós átszállt a holdkompba, azt leválasztották a Hold körül keringő űrhajóról, megközelítették a Holdat (15,6 km-re), majd leválasztva az „éles" missziók esetén Holdon maradó egységet, a visszatérő egységben maradva összekapcsolódtak az anyaűrhajóval. Az Apollo–10 asztronautái *Eugene Cernan*, *Thomas Stafford*, *John Yang* (**21. ábra**, balról jobbra).

21. ábra

A holdra szállás elemeinek gyakorlása közben, a Hold túlsó oldala felett repülve az űrhajósok furcsa hangokat hallottak a rádiójukból. A hangok nem származhattak földi rádióadásból, mert a Hold árnyékolása miatt a Földdel ekkor nem volt rádiós kapcsolat. A hangfelvétel a NASA titkos dokumentumai közé került, csak 2016-ban hozták nyilvánosságra. A [9] videó a hangot figyelő űrhajósok beszélgetésének egy részletét tartalmazza, a háttérben a különös zenei hangzást lehet megfigyelni, s a beszélgetés írott anyaga is olvasható. Lényegében először megállapították az asztronauták, hogy mindannyian hallják az űrből származó különös hangokat (ketten az űrkompban voltak ekkor), majd azon töprengtek, jelentsék-e a történteket. Megállapodtak abban, hogy senki nem fog nekik hinni.

A visszatérés után a közvélemény számára az eseménysorral kapcsolatos hangszalagokat eltűntnek nyilvánították. 15 év múlva dokumentáltan titkosított anyaggá váltak a hangszalagok. Mindezt az indokolhatta, hogy a hangjelenség igazi okát nem tudták megtalálni.

2016-ban a nemzetközi sajtó felkapta a „sztorit", a Hold túlsó felén hallható zene híre bejárta a világot. Az Apollo–10 utasai nem reagáltak a hírekre (korábban sem nyilatkoztak a történtekről nyilvánosan). *Michael Collins*, a holdra szállást két hónappal később ténylegesen végrehajtó Apollo–11 misszió egyik tagja könyvet írt a Hold meghódításának történetéről, ő nem kerülte meg a titokzatos zenét. Magyarázattal is szolgált: az anyaűrhajó és a holdkomp VHF rádióinak interferenciás jelenségeként értékelte a hangokat. Eszerint a hangok keletkezésében a döntő mozzanat nem az volt, hogy éppen a Hold túlsó oldalán tartózkodtak az űrhajók, hanem az, hogy az anyaűrhajó és a holdkomp elvált egymástól és VHF rádión tartották egymással a kapcsolatot. Collins nem is nevezi zenének a hanghatást, ami inkább sípoló hangként írható le. Egyébként őt a holdutazás előtt figyelmeztették erre az eseménysorra, s a sípoló hangokat ő is észlelte, miközben két társa a holdkomppal leszállt az égi kísérőnk felszínére. Még annyit írt a jelenségről, hogy ha nem figyelmeztették volna előre, akkor ő is ijesztőnek találta volna a hangokat.

Az interferenciás magyarázatot azonban nem mindenki fogadja el. A kétkedők szerint az Apollo–10 és 11 űrhajósai magas szinten képzett szakemberek voltak, sok száz órás kiképzéssel a hátuk mögött, sokszor tartottak egymással rádión keresztül kapcsolatot, felismerték és azonosították volna az egyszerű interferenciás fütytyöket. Valaminek tehát kell ott lenni a Hold túlsó felén, ami a titokzatos, nem evilági hangokat előállította (az Apollo–10 utasai minősítették így a hangokat). Ezt az állásfoglalást képviselte egy nyilatkozatában *Al Worden* is, aki az Apollo–15 egyik asztronautája volt.

Nem nehéz elképzelni, hogy mennyi elmélet született magyarázatként, s az is természetes, hogy ezek többségében a Hold túlsó oldalán levő, ismeretlenek által használt szerkezetek és telepek is szerepeltek. Végül a hivatalosnak tekinthető állásfoglalás: a hangok eredete egyelőre rejtély, a valódi ok ismeretlen.

Elkanyarodtunk az eredeti témánktól, de talán érdekes volt ez a kis kitérő. Arról a szerző már csak nagyon röviden mer ezek után beszámolni, hogy az Apollo–11 legismertebb űrhajósa, *Neil Armstrong* Holdra lépésekor, miközben az elhíresült szavakat elmondta az egy ember kis lépéséről, ami az emberiség számára óriási ugrás, a fejhallgatójában világosan hallott (volna) egy emberi hangot, ami „Azan" (máshol „Adzan") hangzású szót mondott. A történetről tudósítók szerint később egy egyiptomi útja során tudta meg az űrhajós, hogy ez a szó az arab világban a muszlim imádságra hívó szó. S a hír terjesztői itt még nem álltak meg, bejárta a világot az a további hír is, hogy az asztronauta mindezek hatására át is tért a muszlim vallásra. Armstrong több ízben ezt a teljes történetet kitalációnak nevezte. Végül a NASA és az USA kormányszervei hivatalos nyilatkozatot adtak ki arról, hogy űrhajósuk semmi hasonlót nem hallott a Holdon járva, és a vallási áttérésből sem igaz semmi. Az Apollo–11 űrmisszió résztvevői Neil Armstrong, Michael Collins és *Buzz Aldrin* (**22. ábra**, balról jobbra).

22. ábra

8. Zárszó helyett

A cikkben bemutatott alkalmazások csak ízelítőül szolgálhatnak, a fotoakusztikus hatásnak ma már olyan szerteágazó a felhasználási területe. A szerző abban bízik, hogy ez a sajátos vizsgálati, mérési eljárás többeknek felkelti az érdeklődését, önállóan folytatják a téma felderítését.

Az alább megadott webcímek a cikk készítésekor (2019. február végén) mind működnek, de sajnos arra nincs garancia, hogy ez hosszú ideig így lesz. Ha valamelyik címen később már nem lehet a jelzett információhoz hozzájutni, a kereső programok segíthetnek az olvasónak új oldalakon ráakadni a hangokat tartalmazó videókra. Ez az internet dinamikusan változó világában természetes jelenség.

Az idézett weboldalak címei:

1. https://index.hu/tudomany/2012/07/10/csattano_hangot_ad_a_sarki_feny/
2. https://noizz.hu/tech/sound-of-light-huawei/90d3ndt
3. https://www.youtube.com/watch?v=09jwU0e3Hn4
4. https://index.hu/tudomany/urkutatas/2011/10/04/ilyen_egy_meteorvihar_hangja/
5. https://creation-arts.com/2017/02/the-sound-of-comet-67p/
6. https://andrewhuang.bandcamp.com/track/across-the-universe
7. https://earthsky.org/space/sounds-of-the-sun-video
8. https://www.youtube.com/watch?v=IQL53eQ0cNA
9. https://www.youtube.com/watch?v=QMpBIABNTMw

MÁR MEGJELENT

A digitális HE Füzetek is kaphatók: www.dimag.hu

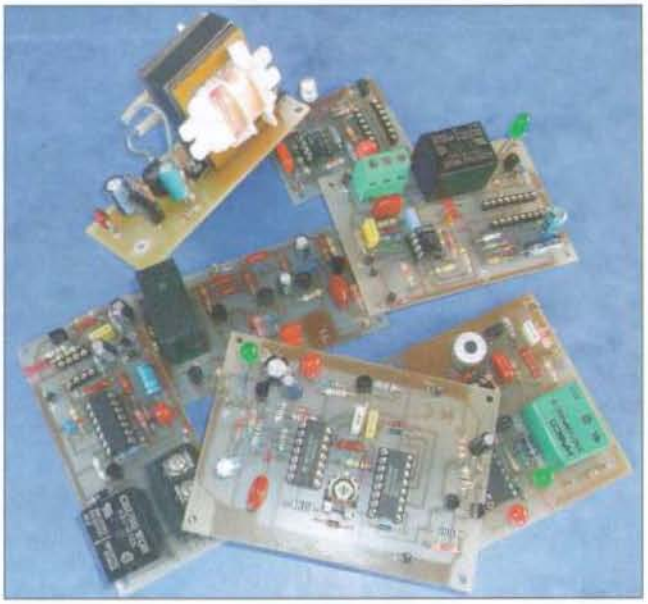
Egy-egy szám ára: 2790 Ft.
Rendeljen, mert el fog fogyni!

A HAM-bazár nyitva H–P. 09–14, Cs. 09–17 ó.,
Bp. XIII., Dagály u. 11. I. em.

Tel./fax: 239-4932, 239-4933 1550 Budapest, Pf. 123 hambazar@radiovilag.hu

Hangkapcsolók

Nagymáté Csaba villamosmérnök,
nmtecsaba@gmail.com



Cimbeli témakörünk időnként fel-feltűnik kiadványainkban hol egyszerű játékszernek, hol hivalkodó látványosságnak rendelve alá az elektronikát. Elkényelmesedő világunkban az lehet a használati „ideológiája", hogy gyakorta egy villanykapcsoló felkapcsolási fáradtságát sem kell már vennünk... Ugyanakkor hangsúlyoznunk kell a hangkapcsolók nagyon is komoly létjogosultságát, amikor idős vagy mozgáskorlátozott személyek tudnak valamely fogyasztót (pl. televíziót, rádiót, ventilátort, világítást stb.) annak fizikai megközelítése nélkül (pl. akár az ágyból) működésbe hozni. Legnagyobb előnyük tehát valamely fogyasztó be- és kikapcsolása a helyiség bármely pontjából, melyet tipikusan a kezünkkel történő tapsolással válthatunk ki. Persze ugyanez a másik oldalról nézve hátrány is lehet, hiszen gyakorta egyszerűbb lehet tapsolgatás helyett egy hagyományos kapcsoló használata. E nézőpontvitában nem foglalunk állást, célunk az elektronika oldaláról történő megközelítés, egy kipróbált válogatásgyűjtemény közreadásával. Továbbá arra is szeretnénk rávilágítani, hogy a fent említett, s jól ismert felhasználási területen túlmenően általánosabb, már-már ipari célú alkalmazása is lehetséges.

Általánosított „definíció" szerint a hangfrekvenciás jellel működtetett, hangra reagáló készülékeket hangkapcsolóknak, hangreléknek nevezzük. A mai modern távirányítók vagy infravörös, vagy rádiós átviteli közeget használnak, persze digitális kódolással. Ezeknek már egy kevés természetes vagy mesterséges interferenciaforrás sugárzása is felboríthatja működését. Ebből következik legnagyobb hátrányuk: speciális adók és vevők szükségesek a kapcsolat működtetéséhez. A hangkapcsolók abban is különböznek az előbbiektől, hogy az átviteli közvetítő maga a levegőben terjedő hang, így nincs szükség speciális adóberendezésre. A vevőrész viszont igen változatos felépítési struktúrát mutathat, ami a vele megvalósítható szolgáltatásbeli különbözőségben is megnyilvánul. Egy hangrelé *általánosított felépítése: hangfelvevő (mikrofon), HF erősítő, kapacsoló fokozat*. Valamennyi említett funkcionális tömb azonban az igényekhez igazodó eltérő áramköri felépítésű lehet, a kezdők egyszerű játékszerén túl a speciális alkalmazásokig. Ez utóbbi lehet pl. egy betörésvédelmi rendszer részét alkotó üvegtörés-érzékelő is.

Az alábbi válogatásunkban igyekszünk mindezekre példákat is mutatni, mintegy keresztmetszetét adva ennek a változatos elektronikai alkalmazásnak. Ennek keretében pedig törekszünk a nem „megszokott" kapcsolástechnikai fogásokat előtérbe helyezni. Bemutatunk tisztán tranzisztoros megoldást, vegyesen tranzisztoros-IC-s kapcsolásokat. Ez utóbbi tekintetében pedig ragaszkodtunk a legfeljebb 2 IC-t felhasználó kapcsolásokhoz. Terjedelmi korlátok miatt az erősáramú kapcsolórész típusváltozatait nem taglaljuk részleteiben, így a kapcsoló kimenetünk (nomen est omen) mindig (hang)relé lesz.

1. Egy kis elmélkedés

Jóllehet, cikkünk főszereplője a hang, illetve a hangátvitel, de ebben az esetben szó sincs HIFI igényekről. Ez a tény pedig egész durva leegyszerűsítéshez is vezethet. Így pl. a hangfelvevő „egység" szerepében a legolcsóbb tömegcikk is megteszi. Kapcsolásainknál leggyakrabban a ma már filléres tételt jelentő elektrétmikrofonkapszulát használjuk, melynek főbb tulajdonságairól, és áramköri beállításáról pl. [1]-ben olvashatunk. Ebben a szerepkörben találkozhatunk még pl. mikrofonnak használt kis hangszóróval, vagy akár egy telefonkagyló szénmikrofonjával is.

A feszültségerősítő feladata a mikrofon gyenge – gyakorta 5...10 mV-os – jelét a kapcsoló fokozat működési szintjére emelni. Ez utóbbiak él-, ill. szintvezérelt eszközök lesznek, így működtetési feszültségük tápfeszültség nagyságrendű lehet. Ezek után belátjuk, milyen tetemes erősítést kell megvalósítanunk. És máris problémák sokaságát „vettük a nyakunkba", hiszen az érzékeny, nagy erősítésű fokozat egyúttal zavarérzékeny is. Egy erősítő érzékenységi adatán túl annak sávszélessége is meghatározó paraméter, és itt most megint csak nem a HIFI hanghűség definiált értékeire gondolunk. Hangkapcsolókkal valamiféle korlátozott hang-

tartományra (erős túlzással nevezhetnénk kódolásnak is) történő működést szeretnénk elérni. Ehhez pedig a felvevő erősítőjének sávkorlátozott, vagy szelektív tulajdonságúnak kell lennie.

Az egyszerűbb hangrelé erősítője nem ilyen tulajdonságú, azaz gyakorlatilag minden – az erősítő érzékenységi küszöbét meghaladó – hangra reagál. Abszolút csendes környezetben még ez a megoldás is jól használható lehet. A szelektív hangkapcsoló tulajdonsága pedig, hogy csak bizonyos frekvenciatartományra érzékeny, mint pl. a használójának alt hangjára, vagy éppen egy magasabb hangfekvésű tapsra. Két dolog fontos tehát erre az áramköri tömbre nézve: a nagy erősítés, és a szelektivitás. Egy fokozatban nem is lehet mindig mindkettőt megvalósítani. Paradox módon mindkét követelményt más áramköri filozófia mentén meg lehet kerülni, de erről majd a későbbiekben.

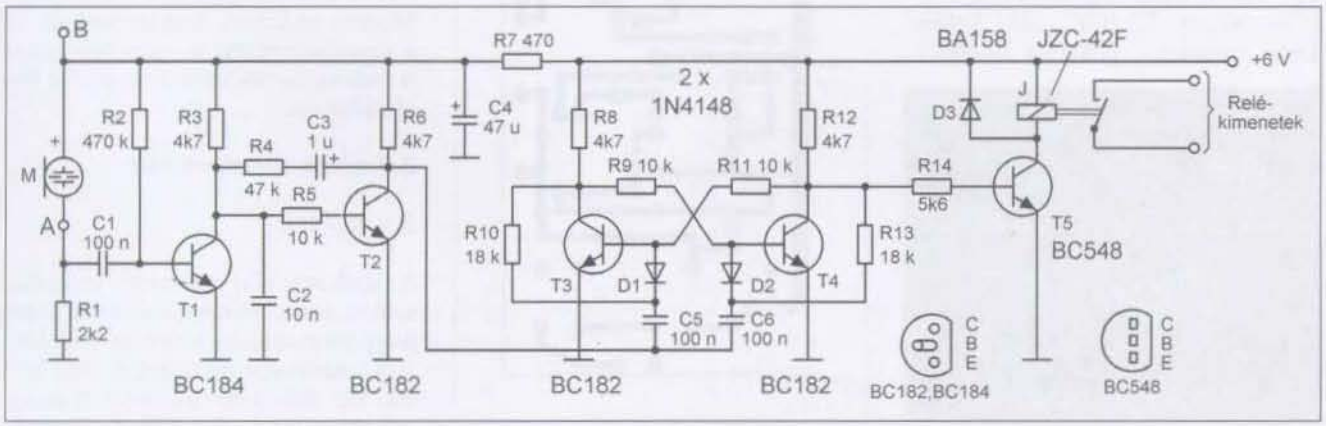
A jelfogadó egység másik részfeladata annak biztosítása, hogy a berendezés csak egyetlen hangjelre reagáljon, illetve kizárja a külső zajok által kiváltott téves kapcsolások lehetőségét. Például egy tapsjel több, egymáshoz közeli frekvenciájú pozitív és negatív félhullámból áll (lásd egy későbbi ábránkat). Biztosítani kell azt, hogy csak az első jelösszetevőre induljon a kapcsoló, különben az állandó prelljelenséget produkálna. Így „jobb helyeken" a jelerősítőt egy *monostabil multivibrátor* követi. A monostabil billenőfokozat a tetszőleges alakú és hosszúságú bemeneti feszültségből (s esetünkben éppen erről van szó) egy meghatározott amplitúdójú és hosszúságú impulzust hoz létre. A monoflop kapcsolásunk kimenetén tehát az egyszeri hangimpulzus (pl. egy taps) időtartamánál hosszabb idejű impulzus jelenik meg. Ezen – általában állítható – időtartam alatt a többszöri tapsolás, vagy éppen beütő zavarjel hatástalan marad. Az ily módon formált vezérlőjel már alkalmas a kapcsolófokozat meghajtására.

Az egység itt is két részből állhat. Azt kell biztosítani, hogy az indító hangjel a kapcsoló működését aktiválja, de az ugyanolyan következő hangjel pedig letiltsa. Áramkörileg tipikusan egy *bistabil billenőkört* használunk ere a célra, amelynek kimenete már a tényleges kapcsolóelemet vezérli. Igényesebb eseteknél az elektronika megoldja a bekapcsolási nullázást is, mert nélküle a legtöbb esetben a rendszer első bekapcsolásakor bejövő jel nélkül is aktiválódik a kimeneti kapcsoló fokozat. Mivel leggyakrabban hálózati üzemű fogyasztó kapcsolgatásáról van szó, a kapcsolónak arra alkalmasnak kell lennie. A mai gyártású, nagy kapcsolási számú tokozott jelfogók erre a célra kiválóan megfelelnek. Természetesen a szintén klasszikusnak számító tirisztoros, vagy triakos hálózati kapcsolók is illeszthetők ebbe a rendszerbe, sőt néha megkerülhetetlenek. Ez utóbbi megoldás ugyan bonyolultabb elektronikát kíván (pl. a hálózattól történő galvanikus elválasztás problémája miatt), de különösen nagyáramú fogyasztók esetében ez a járható út. E tekintetben pedig jó kompromisszum a tokozott szilárdtest-relé (SSR) alkalmazása.

Végül pedig megemlítjük, hogy a különböző kapcsolásokban bemutatott és/vagy elemzett áramköri modulok egymás között cserélhetők, amennyiben azok be-és kimeneti jellemzőik illeszkednek. Ezek választásáról pedig döntsön az olvasó! A döntésekhez segítséget úgy adunk, hogy az egyes típusok ismertetésénél minél több műszaki paramétert, mérési eredményt, elkészítési javaslatot megadunk hol több, hol kevesebb elméleti támogatással.

2. Tranzisztoros konstrukció

Az **1. ábrán** egy olyan hangrelé kapcsolást látunk, amely az aktív elemek tekintetében tisztán tranzisztorokból áll. A csupán 5 tranzisztorral dolgozó áramkör szinte minden, az előző fejezetben taglalt „előírást" kompakt módon teljesít. Elkészítését minden kezdő áramkörépítőnek is bátran ajánljuk. A kapcsolás lelke a T3 és a T4 tranzisztorból felépített bistabil multivibrátor. Ennek részletes áramköri bemutatását [2]-ben megtaláljuk. Ez persze oly régen volt, no meg az előbb említett kezdők miatt is, a lényegét kivonatosan összefoglaljuk. Áramköri részletünk, nevéhez méltóan, két stabil állapotot mutat úgy, hogy vagy csak az egyik tranzisztor vezet (pl. a T3), vagy csak a másik. Ha pedig az egyik tranzisztor már vezet, a másik biztosan lezárásban marad (egyik stabil állapot). Ez a helyzet mindaddig fennmarad, míg az áramkört át nem billentjük. Az éppen vezetésben levő tranzisztor lezárását úgy tudjuk elérni, hogy bázisára negatív impulzust adunk. (Ez utóbbit úgy is értelmezhetjük, hogy a bázispontján a testhez képest pozitív feszültségét csökkentjük.) Ez a záróirányú impulzus a C5 és a C6 kondenzátoron, valamint a D1 és a D2 diódán át mindkét tranzisztor bázisára eljut. Az ekkor zárt állapotú tranzisztorra (példánk esetében a T4-re) ez az impulzus hatástalan, míg a



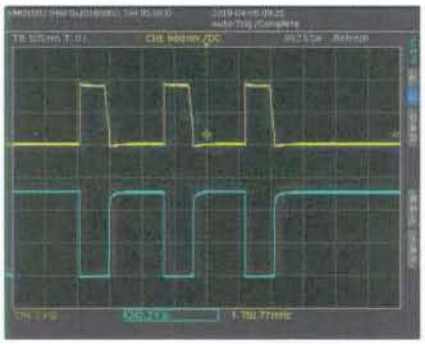
1. ábra

Frekvencia, Hz	Érzékenység, mV
1000	100
500	250
250	400
100	1400

1. táblázat

másikat azonnal lezárja. Ez a mozzanat pedig – a visszacsatolás miatt – kinyitja az eddig zárva levő eszközt, s létrejön a másik stabil állapot. Bármelyik tranzisztor vezetési helyzetét is nézzük, minden egyes bejövő (lezáró) impulzus hatására állapotot.vált, amit itt a T5 vezérlésére használunk fel. (*A szerkesztő megjegyzése:* a fent vázolt, végső soron egyetlen bemenetről vezérelhető bistabil nem egyéb, mint a bináris osztófokozatok, más néven „modulo 2" frekvenciaosztók egyik fajtája.) A T5 pedig így a J jelfogón keresztül megvalósítja a fogyasztó be-kikapcsolását.

A vezérlő impulzusokat egy „kombinált" előfokozat állítja elő. A kategóriájának mintául szolgáló [2]-ben látott megoldáshoz képest lényeges különbséget tapasztalunk. Az elektrétmikrofon (M) jelét a T1 erősíti, amely azonban a T2-vel együttesen (a C3, R4 okán) egy monostabil multivibrátort is képez. Így a konkrét erősítés nem is érhető tetten, hiszen kellő amplitúdójú bejövőjel hatására a kollektorokon már a formált, s adott időtartamú impulzus jelenik meg (lásd előző fejezet), amelynek szélessége jelen esetben kb. 400 ms. Ez az a kivárási idő, amely alatt semmilyen más, új bejövőjel nem zavarhatja meg a rendszer működését. A **2. ábrán** egy valódi tapsjelnél felvett, s a T1 (Ch1, sárga), T2 (Ch2, kék) kollektorán mutatkozó jelalakot mutatjuk.

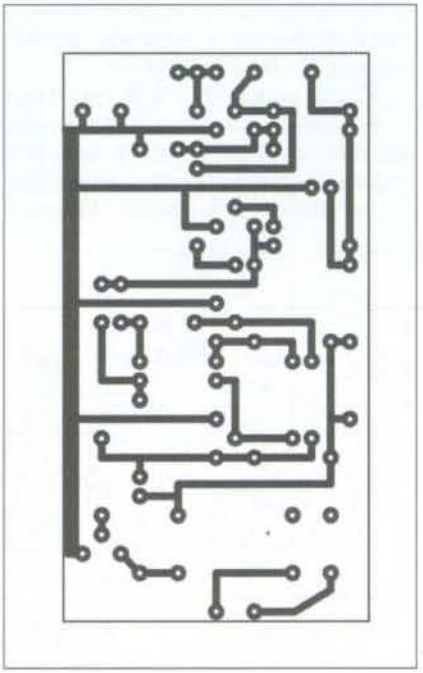


2. ábra

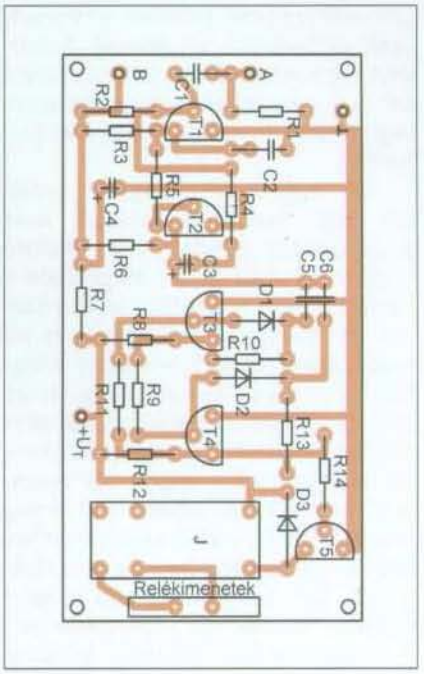
Az meg már csak „hab ezen fokozat tortájára", hogy az felülátereszto átviteli tulajdonságot is mutat. A bejövő, különböző frekvenciájú jelek hatására bekövetkező erősítéscsökkenést (az átvitelt) nem tudjuk közvetlenül regisztrálni, hiszen a fokozat vagy ad kimeneti impulzust, vagy nem. Így fordítva járunk el: úgy bizonyítjuk a frekvenciaátvitelt, hogy az **1. táblázatban** megadjuk mely frekvenciaértékeknél milyen hozzátartozó bemeneti érzékenységnél ad a fokozat kimeneti impulzust. Elmondható ezek után, hogy kb. 1 kHz-es jeltartomány felett közel azonos érzékenységgel dolgozik a fokozat, majd csökkenő frekvenciák esetén egyre nagyobb bemenőjelet igényel(ne). Könnyű belátni, hogy pl. 250 Hz-hez tartozó, effektív értékét tekintve 400 mV-os jelszintet az elektrét-kapszula nem fogja produkálni, így a tapskapcsolónk nem is reagál erre a frekvenciára (sem). És mindezeket elértük két tranzisztorral!

2.1. Elkészítés, beállítás

Kis elektronikánk számára egy 40×75 mm-es nyáktervet (**3. ábra**) készítettünk, melyhez tartozó beültetési rajzot a **4. ábrán** láthatjuk. Az áramkör jól tagoltsága okán a beültetést érdemes fokozatonként elvégezni, s azonmód be is vizsgálni. Például a bistabil részlet ellenőrzéséhez a hozzátartozó alkatelemeken kívül még az R6 el-



3. ábra



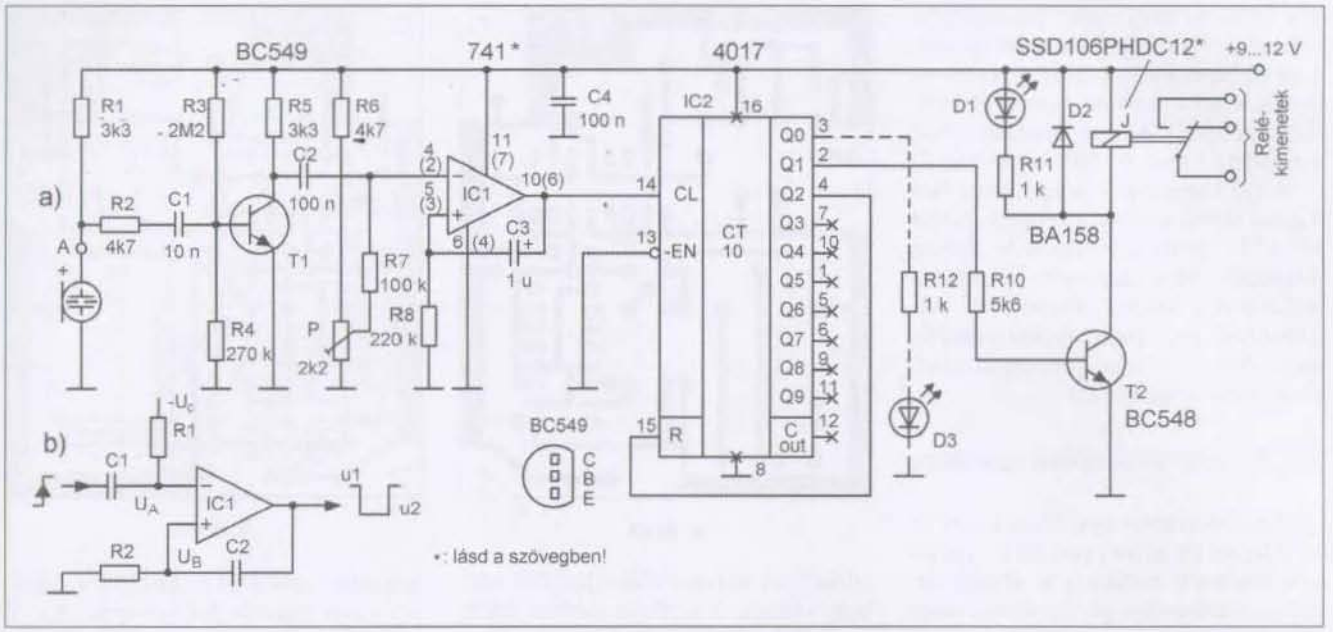
4. ábra

lenállást is ültessük be, majd annak T2 felőli végét egy mérőzsinórral a testre érintve az átbillenéseknek meg kell történniük. (Némi sztochasztikus viselkedést nyilván tapasztalunk majd, az érintkezések kiszámíthatatlan pergése miatt. A monostabil fokozat szerepe éppen ennek a kizárása.) Az előfokozat ellenőrzéséhez pedig jó segítséget nyújt a 2. ábránk, valamint az iménti táblázatunk. A tápfeszültségünk 6 V, a nyugalmi áramfelvétel néhány milliamper csupán, így igazán gazdaságos kis berendezést készítettünk! Nagyobb telepfeszültség esetén gondolnunk kell arra, hogy mindkét billenő fokozatnál a maximálisan fellépő emitter-bázis zárófeszültség egyenlő az U_T telepfeszültséggel. Amennyiben az eszköz U_{EB0} értéke kisebb, mint a telepfeszültség, akkor a tranzisztor már az első periódus alatt tönkremegy. Modern szilicium tranzisztoroknál ez a veszély csekély, de nézzünk utána! A védekezés módjairól meg pl. [3]-ban olvashatunk.

3. Szűrős konstrukciók

3.1. A „retro"

Az első, már IC-t is használó kapcsolásunk a „retro" jelzőt kapta annak okán, hogy meghatározó áramköri elemként újra használatba vesszük a jó öreg 741-est. De csak szép sorjában! Kapcsolási rajzunkat az **5.a ábrán** mutatjuk. Az elektrétkapszula jelét itt tranzisz-



5. ábra

toros fokozat (T1) erősíti. A fokozat munkapontbeállítása olyan, hogy az a nyitás-zárás határán van, tekintettel R3, R4 szokatlanul magas értékére. A bejövő jel ezt a labilis állapotot biztosan a vezetés állapotába hozza, s az erősítő kb. 100-szoros tényezővel erősíti, ami akár a határolásig is elmegy. Ez sem a HIFI erősítők jellemzője! A csatolótagoknak köszönhetően jellegzetes felülátereszto karakterisztikával teszi ezt, amit a **6. ábrán** mutatunk is. Az „előírások" szerint a fokozatot egy monostabil egység kell, hogy kövesse. Ezt valósítja meg IC1 és áramköri környezete. A CMOS (korábban TTL) logikai áramkörök térnyerésével a műveleti erősítőkkel felépített monofloppok jelentősége csökkent. A teljes elfeledés ellen, meg hát „retro" az áramköri titulusunk, működését az **5.b ábra** alapján ismertetjük, az 5.a-étól független pozíciószámozással.

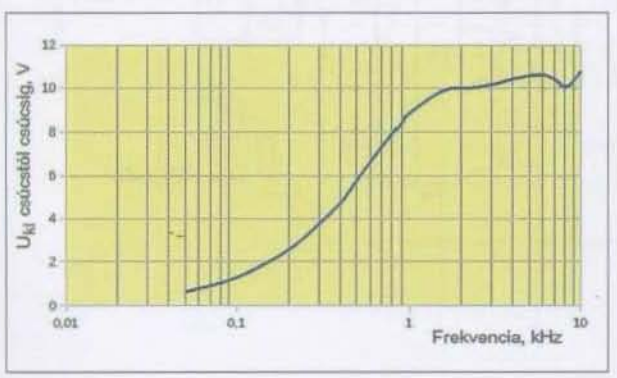
Az áramkör alapvetően egy pozitív visszacsatolt komparátor. A pozitív visszacsatolás C2 kondenzátoron keresztül valósul meg, miközben az invertáló bemenet R1-en keresztül negatív előfeszültséget kap. Ekkor a kimenet stabil pozitív szinten van. Ha a pozitív indító impulzus az U_A feszültségét képes zérus fölé vinni, akkor a kimenet negatív szintre billen. Ez az állapot pedig addig marad fenn, míg az U_B a -(U1+U2) értékéről 0 V felé emelkedve eléri az U_C értékét. Amennyiben számszerűsítve akarjuk kifejezni, akkor írhatjuk, hogy az impulzusidő:

$$T_i = R2 \cdot C2 \cdot \ln(U1+U2)/U_C.$$

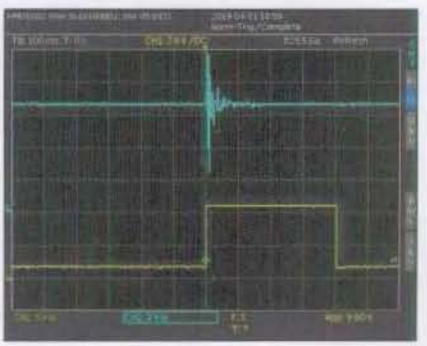
Ha az előfeszítő U_C feszültséget pozitívra választjuk, akkor a negatív indító impulzus a kimeneten pozitívba menő állapotváltozást idéz elő. Konkrét kapcsolásunknál utóbbi módozatot alkalmaztuk, hogy ne legyen szükség negatív tápfeszültségre is.

Azt is tudnunk kell, hogy egytelepes táplálás esetén a 741-es kimenete „nem tud" zérus lenni, annak alaphelyzete kb. +2 V-on van. Ezt az alapállapotot kell a P segítségével úgy létrehozni, hogy az invertáló bemeneten is ezt az értéket állítjuk be. Ebből a helyzetből billenti ki a T1 felől érkező első negatív impulzus. Az előzőeket szépen szemlélteti a **7. ábránk** szkópfelvétele, ahol Ch2 (kék) a T1 egy tapsolásra kiváltott kollektorjelét, míg Ch1 (sárga) az IC által generált impulzust mutatja. És egyáltalán nem a szerző „számmisztikai bogara", de ha a konkrét értékeket (U_1 = 12 V, $U_2 = U_C$ = 2 V) behelyettesítjük a fenti képletünkbe, akkor az impulzusszélességre itt is 400 ms (pontosan számolva 420 ms) adódik. A 7. ábrán ez az érték olyan pontosan ábrázolódik, hogy a mintapéldánynál nem lehetett számottevő az RC elemek értékszórása.

Bistabil áramkörnek ebben az esetben egy ilyen feladatra bekötött dekádszámlálót (IC2) használunk. A CD4017-es tok az egyik leggyakrabban használatos típus. Ha a bistabil szót az eredeti értelemben használjuk, akkor azt mondjuk, hogy egy kimenetnek minden egyes bejövő impulzus hatására bekövetkező (két)állapotváltozását hozzuk létre. Ezt az IC2-nél



6. ábra



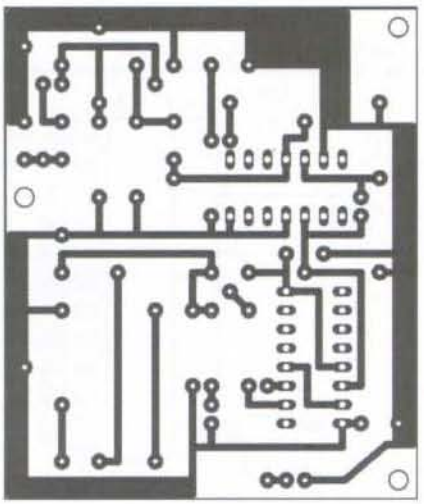
7. ábra

úgy érjük el, hogy csak 2-ig engedjük számolni, azaz a *Q2* kimenetét (*4. láb*) a *Reset* bemenetére (*15. láb*) visszavezetjük, s így a további számlálás letiltódik. A tok *Q1* kimenete pedig a már megismert kapcsoló fokozatot vezérli.

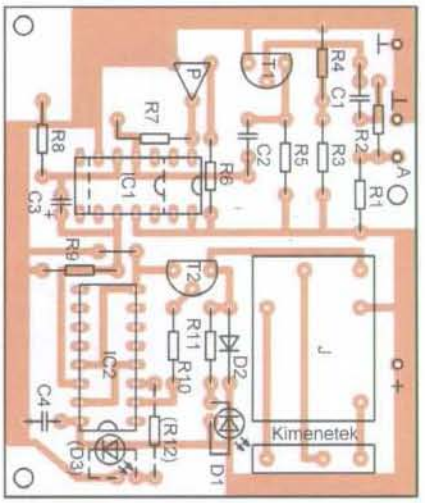
A *Q0* kimenetre – amely ellentétes logikai szintű a *Q1*-hez képest – kötött D3 LED pedig a berendezés „üzemi állapotát" jelzi, segítségével tájékozódhatunk a bistabil „állapotáról". Alkalmazása egyfajta kényelmi szolgáltatás, élni vele nem szükséges, ezért ábrázoltuk szaggatottan.

3.2. A „retro" elkészítése, beállítása

Az elektronika egy 55×65 mm-es nyáklapon (**8. ábra**) készült el, melynek beültetési oldalát a **9. ábrán** láthatjuk. Az áramkör jól tagoltsága miatt a beültetés, bemérés – az előző munkadarabunk gyakorlatának megfelelően – fokozatonként történjen! Egyetlen beállítási teendőnk van: a P segítségével az IC1 kimenetén az alaphelyzet (kb. +2 V) beállítása. Ekkor lesz a fogadó egységünk a legérzékenyebb. A tapasztalat szerint ez így túl érzékeny is, érdemes a potenciométerrel magasabb „referenciaszintet" választani. Minden további segítséget a 7. ábránk megad. A kimeneti jelfogóról az előző, s majd minden további kapcsolásunknál is elmondható, hogy az a nyákterv jól elkülönített helyén van. Tettük ezt azért, mert szinte biztos, hogy a mintapéldányoknál használt típusok nem egyeznek meg az olvasók fiókkészletével. Így aztán arra az elkülönített részre bármilyen más típus is adaptálható, az érdemi nyákrajzolatot nem befolyásolja. E konkrét esetben pedig az SSD106PHDC12-es típust alkalmaztuk.



8. ábra



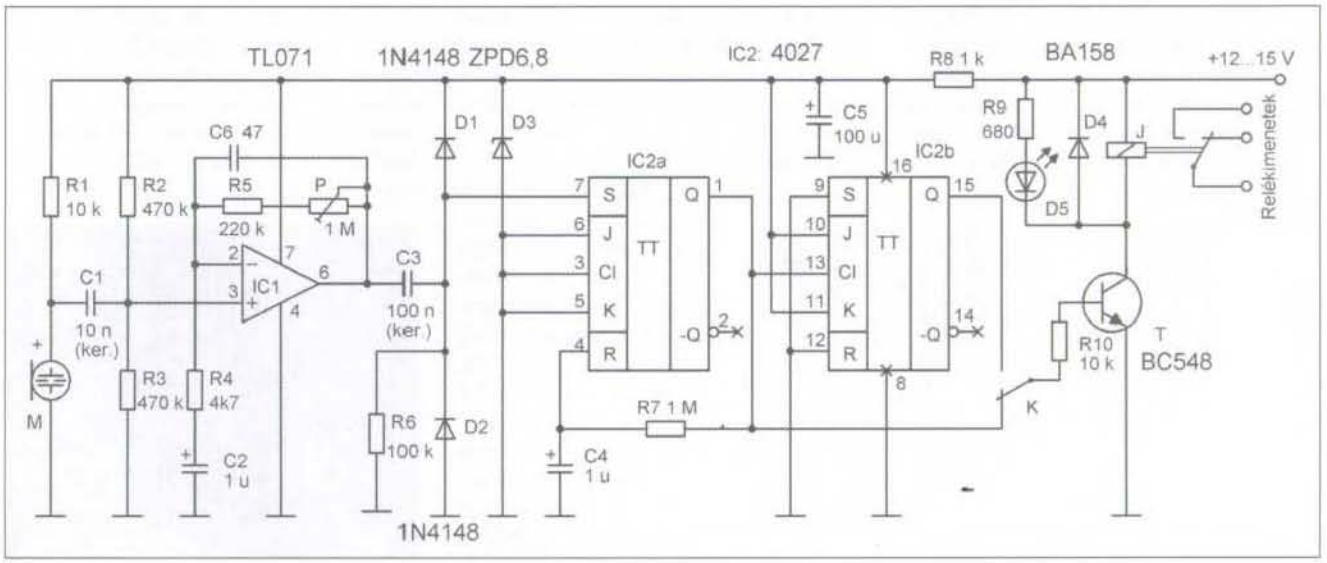
9. ábra

A nyákot eredendően DIL-14 tokozású 741-eshez terveztük, de modernebb DIL-8 tokozású (sőt a lábak némi kihajtogatásával kerek fémtokos ősi gyártmányok) is beültethetők. Utóbbi kettő lábszámozását az 5. ábrán zárójelbe tettük.

3.3. A „mindenes"

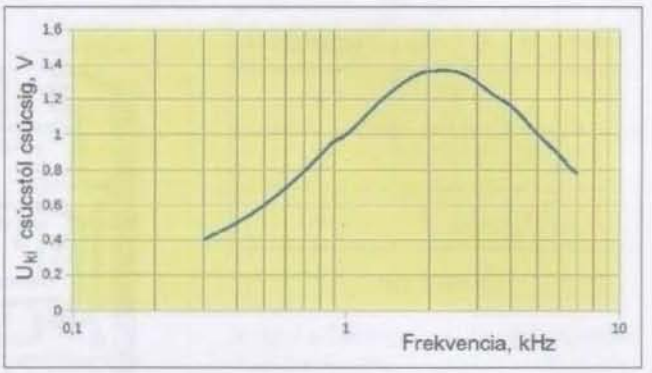
A **10. ábrán** bemutatott kapcsolásban az elektrétmikrofon jelét már az IC1 (TL071) erősíti, majd annak kimenetét logikai egység dolgozza fel. Ez utóbbi tagjait név szerint már ismerjük: monostabil és bistabil áramkör. A mikrofon nagy belsőellenállása jól illeszkedik a FET bemenetű műveleti erősítőhöz, amelynek negatív visszacsatoló hálózatának R5, P tagja biztosítja a stabil munkapontot, amit az R2, R3 osztó a tápfeszültség felére állít be. A neminvertáló erősítő váltakozófeszültségű erősítését a P, R5, valamint a frekvenciafüggő R4, C2 tag határozza meg. Ez utóbbi az átvitelnek enyhe felüláteresztő jelleget ad, amit a **11. ábrán** mutatunk is. A kimeneti AC csatolás miatt diódás (D1, D2) határolás (egyúttal védelem is) formálja meghajtó jellé a felerősített mikrofonjelet. A monostabil-bistabil együttest egyetlen IC-vel (IC2) valósítjuk meg, ami a CD4027 kettős JK típusú tároló. Itt először engedtessék meg egy kis elmélkedés e tárgykörben.

Szinte evidenciának kellene hasson, hogy pl. monostabilnak az 555-ös IC-t (vagy annak CMOS változatát)



10. ábra

11. ábra



13. ábra

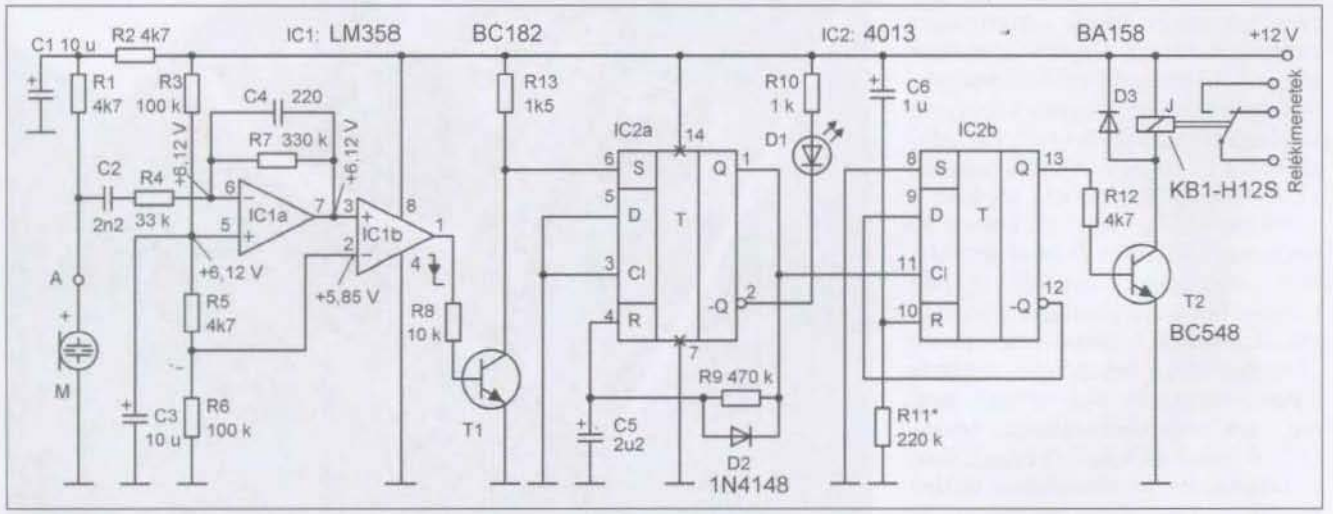
használjuk. A legtöbb hangkapcsoló konstrukciónál mégsem azzal találkozunk. A szerző tapasztalata alapján is megállapíthatjuk, hogy az 555-ös triggerelése rendkívül kényes a zajokra. Az pedig gyakorta téves indítást eredményezhet, ami itt nagyon nemkívánatos jelenség. Persze elektronikai védelem van ez ellen is, de akkor is még csak egy monostabilunk lenne. A kétállapotú egységhez újabb IC-t kellene használni (ha kizárólag IC-ben gondolkodunk), de a bevezetőnkben leírtak szerint annak számát 2-ben maximáltuk. Jó, tudjuk, az 556-os két 555-öst tartalmaz egyetlen tokban, de 555-ösből bistabilt kialakítani meglehetősen körülményes. A tároló flip-flop (FF) tokok egy kis leleményességgel viszont mindkét feladatot ellátják.

A rajzon szereplő első FF *Set* bemenetére (*7. láb*) érkezik a formált vezérlőjel. Ha ez a bemenet a tápfeszültség felénél nagyobb jelet kap, akkor annak kimenete **H** szintre vált. Az előfokozat és a logikai rész tápfeszültségét a D3 elemi stabilizátor kb. 7 V-ra állítja be. Amennyiben az elegendő szintű beírójel az IC2a-t bebillentette, akkor az a *Reset* bementére (*4. láb*) visszacsatolt R7, C4 tag által képviselt időállandó leteltével (ez kb. 1 s) visszabillen az alapállapotba. Így létre is jött a monostabil időzítés. Ez a kimenet K kapcsolón keresztül közvetlenül is vezérelheti a kimeneti kapcsoló fokozatot. Ekkor pl. a bejárati lámpánk 1 s-ig fog világítani. Ezt az értéket C4 növelésével kitolhatjuk, de vegyük figyelembe, hogy ezen idő alatt újbóli hangindítás nem lehetséges. A monostabil jele a tok második FF-jának órajelbemenetére (*13. láb*) kerül. A rajzi beállításban annak kimenete minden órajelre megváltoztatja állapotát, azaz megvalósul a bistabil funkció is, amit szintén K kapcsoló megfelelő állásával választhatunk ki.

A kimeneti kapcsolóegység már nem szorul bemutatásra. A jelfogóval párhuzamosan kötött D5 LED az üzemállapotot mutatja. A kapcsolás érzékenysége P-vel szabályozható, és elmondható, hogy annak középállásában már egy 15...20 mV-os bemenőjel az erősítőt totálisan túlvezérli. Igazi kis mindenes.

3.4. A „lelemények"

Következő berendezésünk két dolog miatt is érdemel figyelmet. Első fejezetünknél említettük, hogy a nagyerősítésű előfokozatok „hátrányát" egy kis áramköri rafinériával meg lehet kerülni. Erre mutatunk itt most egy példát. Másrészt pedig a fogadó erősítőnk is tovább lép a szelektív érzékenység területén. De nézzük is a **12. ábrát**! A fogadó erősítő (IC1) az LM358-as univerzális típusú, két műveleti erősítőt tartalmazó tokra épül. Első OPA-ja invertáló erősítő, de már egyfajta sávszűrő átviteli karakterisztikát mutat (**13. ábra**). Ezt az erősítést meghatározó, visszacsatoló RC hálózatának kialakításával érjük el. De ennél szembetűnőbb a fokozat kis erősítése, amely a gyakorlatban kb. 5-szörös. Itt akkor tényleg nem beszélhetünk a nagyerősítésű fokozatok zavarérzékenységéről. De ekkor hogyan



12. ábra

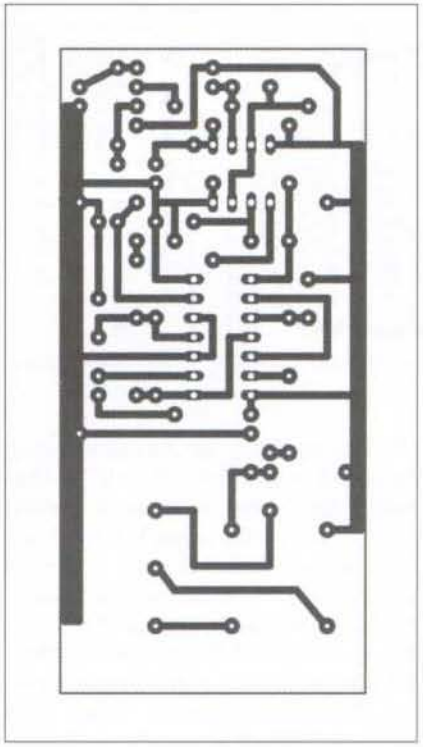
Taps	D	Q	-Q	Megjegyzés
-	1	0	1	Ki
1	0	1	0	Be
2	1	0	1	Ki

2. táblázat

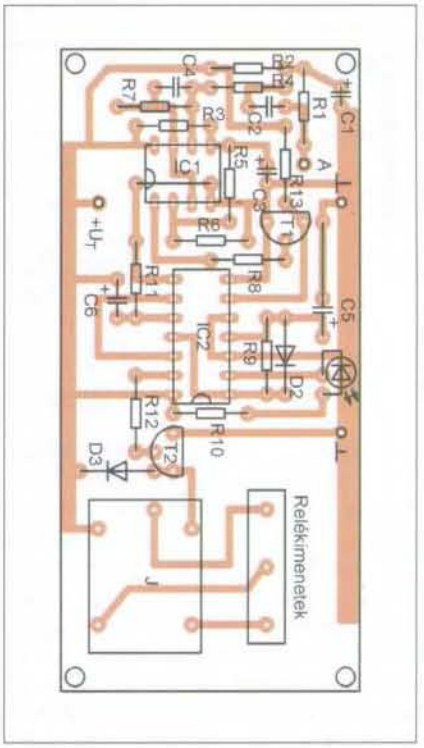
lesz a gyenge mikrofonjelből a logikai egységet meghajtani képes vezérlőjel?

Úgy, hogy az erősítő fokozatot a második OPA-jából kialakított érzékeny komparátor követi. Annak referenciáját az előző fokozat munkapontbeállítási osztójának (R3, R6) kismértékű feszültségeltolásával (R5) állítjuk elő. Ez az invertáló bemenetén kb. 200 mV-os feszültségeltolást jelent a fázistartó bemenetéhez képest (ld. a rajzon jelölt feszültségeket). Így csupán erre a különbségre szükséges az első fokozatnak erősíteni, amit ha visszaosztunk az erősítési tényezővel, akkor máris a mikrofon jelszolgáltatási szintjénél vagyunk. Az előzőekből kivehető, hogy hangkapcsolónk érzékenységét az említett feszültségosztó R3-as tagjának módosításával állíthatjuk be. Annak értékét pl. 200 kohm-ra növelve a komparátor billenési érzékenysége csúcstól csúcsig 90 mV-ra módosul, ami már igen jó érték.

A logikai egység ez esetben is FF áramkörből (IC2) készül, most a CD4013-as „D" tárolót használjuk. A monostabil kialakítása szinte azonos a 10. ábra megoldásával. Annyi új szolgáltatást „becsempésztünk", hogy a *-Q* kimenetére kötött D1 LED a tapskapcsoló „fogadókészségéről" ad tájékoztatást, szerepe az 5.a ábrán levő D3-éhoz hasonlatos. Mivel a komparátor vezérlőjelként egy negatív impulzust ad, s a 4013 pedig felfutó feszültségugrásra billen, így szükséges a két egység közé egy fázisfordító fokozat. Ezt valósítja meg T1 inverter. A tároló második FF-je bistabil üzemmódú, modulo 2 számláló. Ezt úgy érjük el, hogy a *-Q* kimenetet (*12. láb*) a *D* bemenettel (*9. láb*) összekötjük. A vezérlés (*11. láb*) hatására bekövetkező állapotváltozásokat a **2. táblázat** foglalja össze. Szintén új szolgáltatás a bekapcsolási nullázás megvalósítása. Ez úgy valósul meg, hogy amikor a tápfeszültséget bekapcsoljuk, akkor a C6 az R11 ellenálláson át töltődik, és az ellenálláson fellépő feszültségugrás a *Reset* bemeneten (*10. láb*) **L** állapotba billenti a bistabilt.



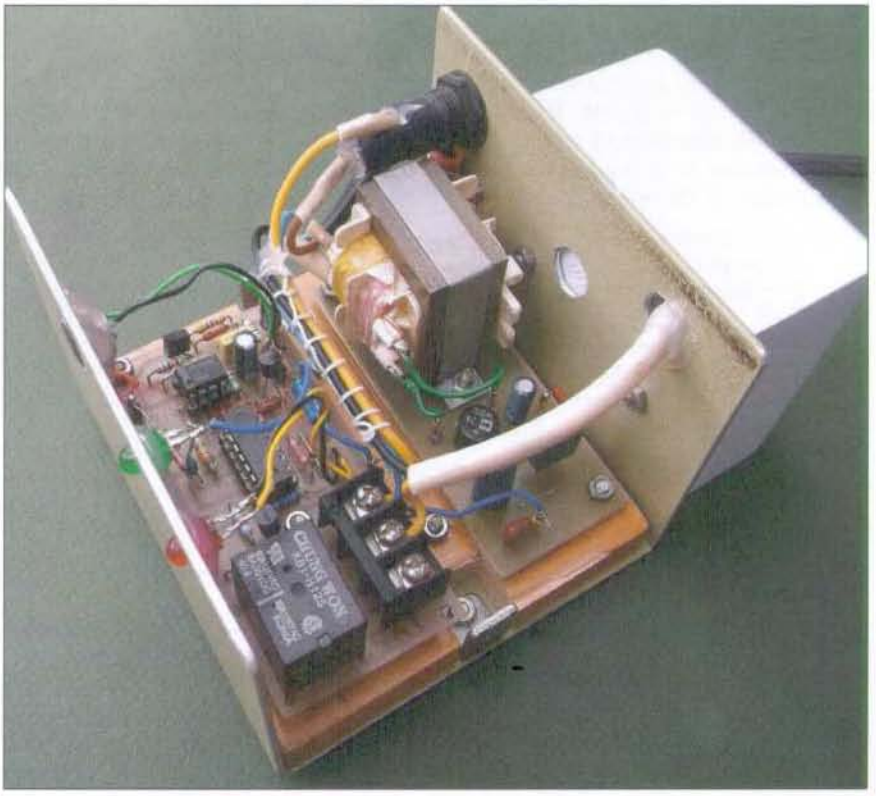
14. ábra

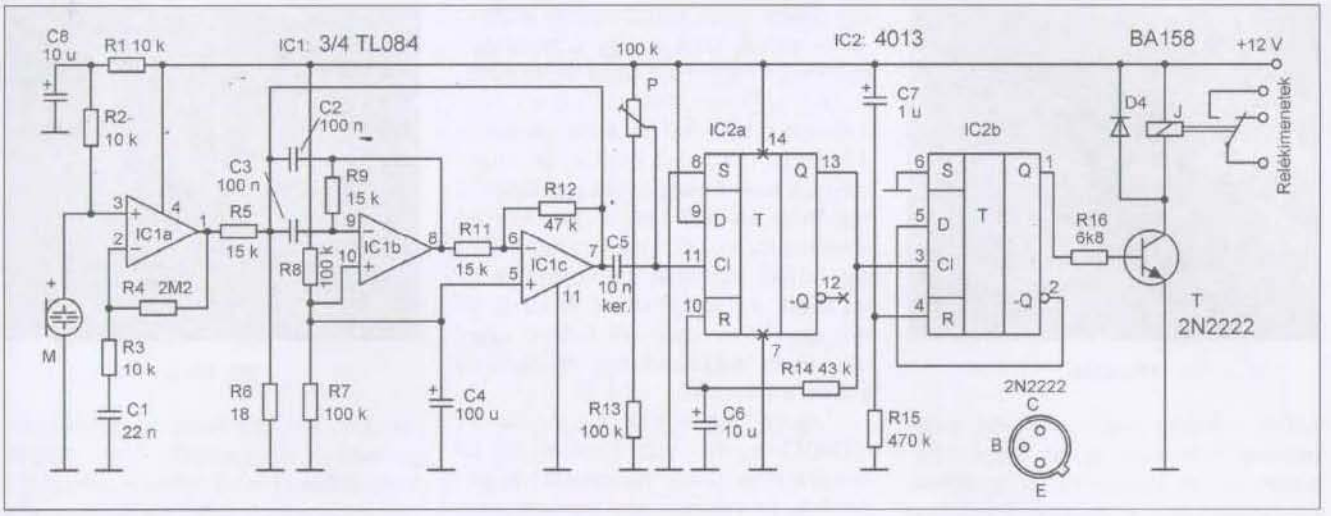


15. ábra

3.5. A „leleményes" elkészítése, beállítása

Az elektronikánkhoz készült 40×85 mm-es méretű paneltervét a **14. ábrán**, beültetési rajzát a **15. ábrán** mutatjuk. A stabil elektronikai egységeknek köszönhetően a beültetett panel semmilyen beállítási műveletet nem igényel. Az érzékenységi adatában sem érdemes a rajztól eltérően változtatni. Az alkalmazott jelfogó típusa itt KB1-H12S (Korea) volt. Működése közepesen zajterhelt környezetben is üzembiztos.

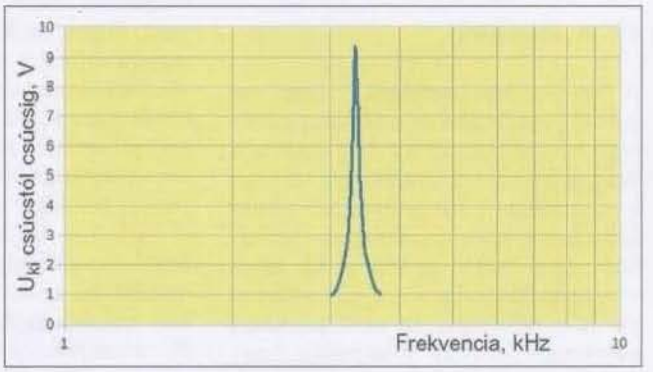




16. ábra

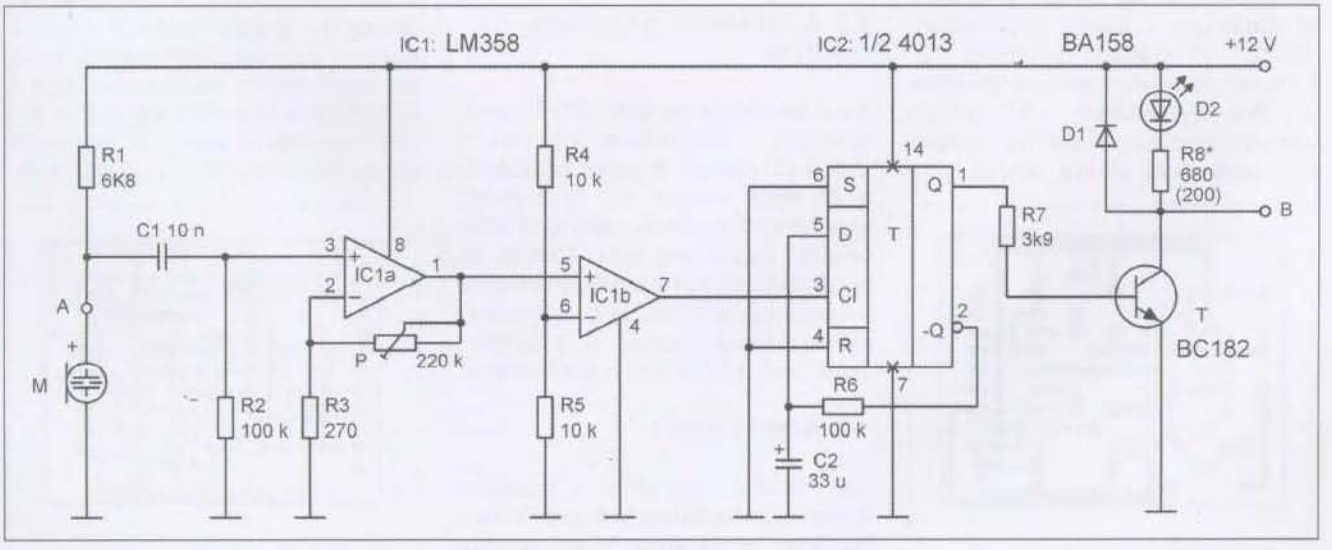
3.6. A „profi"

A klasszikus módon megvalósítható szelektivitás tekintetében egy felsőkategóriás kivitelezést mutat a **16. ábra** elvi rajza. Az áramköri struktúra mit sem változott, de a bonyolult(nak látszó) fogadó erősítő fokozat már magas minőségi követelményeket is kielégít. Az IC1 OPA (TL084) első tagja (IC1a) neminvertáló kapcsolásban végzi a tényleges erősítést, miközben átvitele már felüláteresztő jelleget mutat. Ennek töréstartó frekvenciája 1,5 kHz környékén van. Az IC1b viszont egy jó minőségű aktív sávszűrő, melynek f_0 értéke kb. 3 kHz körüli. (Az elkészült mintapéldánynál 3,2 kHz volt). A szűrő meglehetősen élesen „vág", a -3 dB-es sávszélessége mindössze 80 Hz (!) Ez azt jelenti, hogy már csak egy jól definiált vezérlő hangjel hozza működésbe készülékünket, így akár személyre szabottra hangolhatjuk tapskapcsolónkat. Az erősítés itt már nem jelentős, kb. nyolcszoros. A néhány ponton kimért átviteli karakterisztikát a **17. ábrán** mutatjuk.

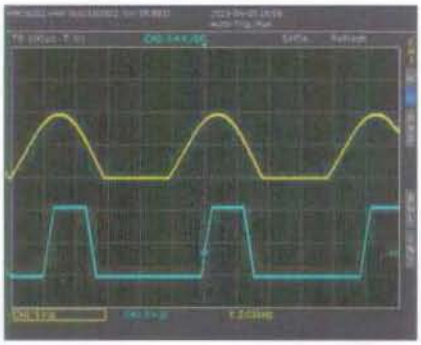


17. ábra

A logikai egység itt is a CD-4013-as FF-on alapul, melynek monostabil része kicsit eltér előző konstrukciónkhoz képest. Az AC csatolás (C5) miatt az órajel bemeneten (*11. láb*) indítunk úgy, hogy az – a legérzékenyebb szituációnál – a P-vel a tápfeszültség felére elő van feszítve. Alacsonyabb értéknél a billenéshez nagyobb bemenőjelet kíván, így a potméter az egész berendezés érzékenységszabályozója. A monostabil további működése már ismert, az impulzusidő(R14,C6)„hagyományőrző módon" újra kb. 400 ms. A bistabil be-



18. ábra



19. ábra

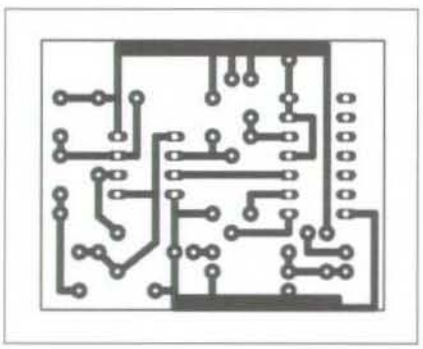
állítás a bekapcsolási nullázási megoldással már nem mutat újdonságot. Végezetül az utánépítők informálásáért megemlítjük, hogy *az IC1 helyén a lábkompatibilis LM324 nem alkalmas, vele az aktív szűrő bemenőjel nélkül is f_0 frekvencián oszcillál.*

4. A különcök

4.1. A „takarékos"

A bevezetőben említettük, hogy az erősítés egyáltalán nem támaszt minőségi követelményeket, elég csupán a hang jelenlétének detektálása. Ha ezt a „szempontot" hangsúlyozzuk, akkor igen durva egyszerűsítésig is eljuthatunk. Erre látunk példát a **18. ábra** elvi rajza kapcsán. Ez a kapcsolás is két IC-t tartalmaz, de azok áramköri környezete annyira minimális, hogy már-már szakszerűtlennek mondható. A neminvertáló kapcsolású váltakozó feszültségű erősítő IC1a elhagy minden egytelepes munkapontbeállítási elemet. A fokozat erősítése jelentős, érzékenysége csúcstól csúcsig mérve 30...40 mV, ám de így a váltakozó jelnek csak a pozitív félperiódusát „kezeli". A kialakult helyzetet egy 2 kHz-es mérőjelre nézve a **19. ábra** oszcilloszkópábrájának Ch1 (sárga) csatorna felvétele mutatja. No, ez minden, csak nem alakhű átvitel, ami egyébként kissé felüláteresztő jellegű. A tok másik OPA-ja egy komparátor, melynek referenciája fixen telepközépre (R4, R5) van állítva. Erre a torzan erősített jelre adott válaszát szintén a 19. ábrán (Ch2, kék) láthatjuk. Hogy miért is nem fontos egyes esetekben a minőségi átvitel? Erre a **20. ábra** ad kommentár nélküli magyarázatot, ahol egy valódi tapsjelre, a komparátor által adott „válaszát" látjuk. Itt az is jól megfigyelhető: menyire fontos, hogy egy ilyen fokozatot egy monostabil áramkör kövesen.

Logikai egységnek a már bevált CD4013 egyik felét használjuk, de mintha nem lenne monostabil áramkörünk. És valóban, ténylegesen nincs is, csak egy, a takarékosság jegyében született kombinált megoldás. Alapvetően bistabil kapcsolást látunk, amiből már a bekapcsolási nullázás is ki van spórolva. Azonban a klasszikus -Q – D összekötés nem közvetlenül valósul meg, hanem az R6, C2 tag közbeiktatásával. Mivel a -Q -nál az állapotváltozás alkalmas bemeneti jelnél azonnal bekövetkezik, de egy másik (pl. zavar) jel az RC időállandóig hatástalan lesz, mert a D bemenetnél a billenési szintet (mindkét irányban kb. 5,6 V) el kell érni. Ez a monostabilhoz hasonló zavarvédettséget ad, noha nem monostabil az áramkör. Csupán áramköri érdekességről van szó, hiszen az FF másik feléből ugyanazon alkatrészszám mellett lehet igazi monoflopot készíteni (lásd korábbi ábránkat). A kimeneti fokozat is csak elő van készítve a jelfogós üzemhez, alapból csak egy nagyfényerejű LED-et (D2) kapcsol be T tranzisztor.



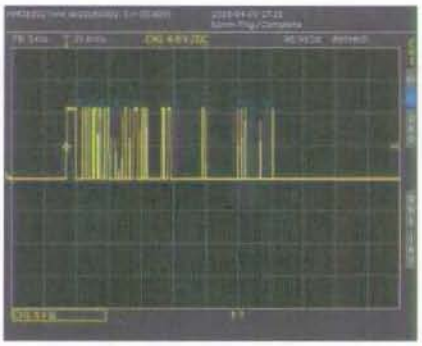
21. ábra

4.2. A „takarékos" elkészítése, beállítása

Kicsi áramkör, kicsi nyák (35×45 mm), amit már a szellemességért is megérdemel (**21. ábra**). A panel beültetését a **22. ábra** mutatja. Ez az áramkör sem igényel beültetés utáni beállítást, azonnal használatra kész. Csupán az érzékenységet kell megválasztanunk P helyzetének módosításával. Alapkiépítésben telepes üzemről is működhet, ekkor csak a LED fényét hasznosítjuk.

4.3. A másik véglet

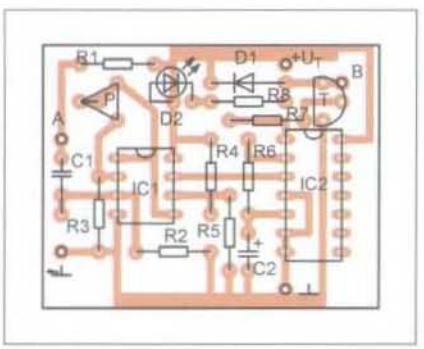
Szó volt róla, hogy ebben a használati körben ritkán alkalmazzuk az 555-öst a korábban leírtak miatt. Mivel azonban létezik rá több példa is, így használatát



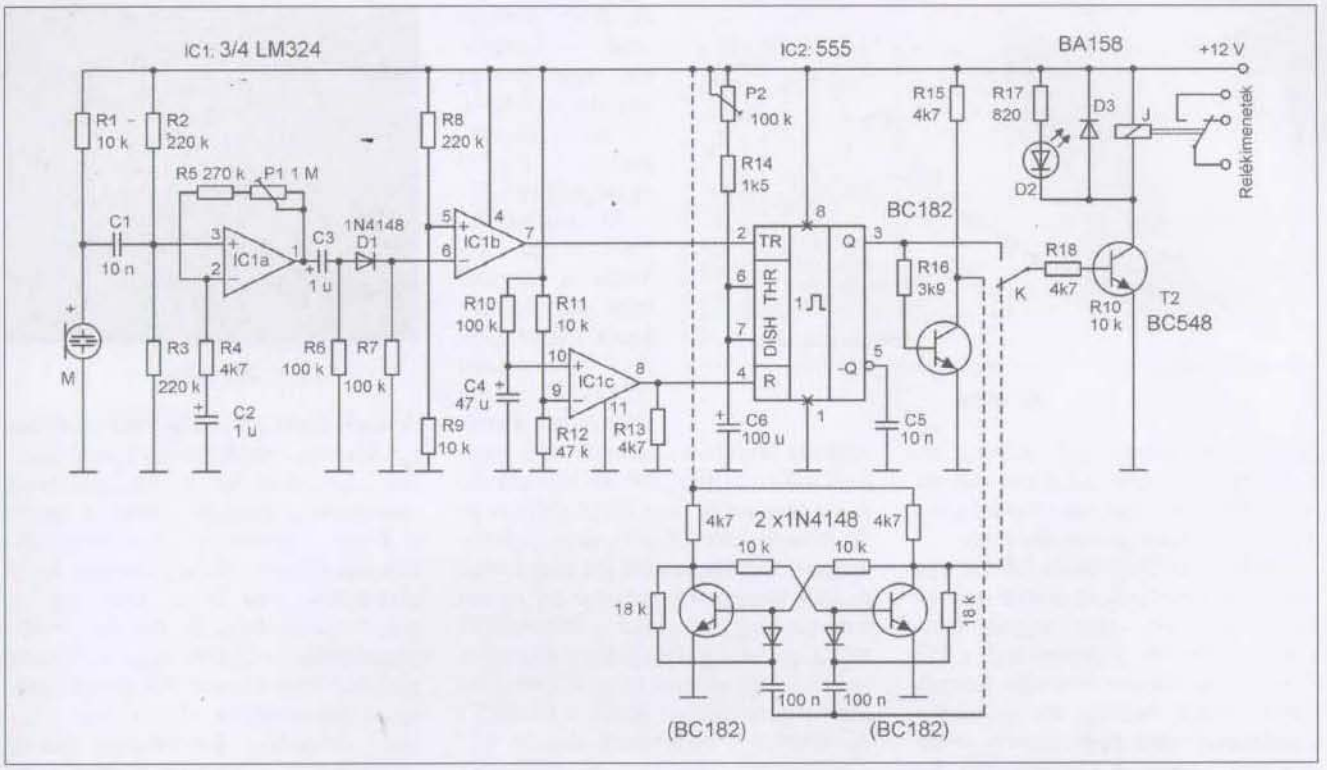
20. ábra

megkerülni sem akarjuk. Bemutatott példánkon illusztráljuk, hogy milyen kiegészítéssel lehet ebben a szerepkörben is üzembiztos. A kiegészítés pedig áramköri bővülést is jelent. S ha már van, akkor is csak egy monostabilunk van, s még egy áramköri részlettel (IC, vagy tranzisztor) kell a bistabilt megvalósítani. Ha mindezeket összeadjuk, akkor a 18. ábrához képest a másik véglethez jutunk. A **23. ábrán** látható kapcsolási rajzunk még arra is jó példa, hogy hogyan lehet összeilleszteni az eddig megismert áramköri moduljainkat. De nézzük a részleteket!

A négy műveleti erősítőt tartalmazó IC1 első tagja a fogadó erősítő, ami a 10. ábra részletének újbóli alkalmazása, már mindent elmondtunk róla. Kimeneti jele egyenirányítás után (ez új momentum) az IC1b-re épülő komparátorra kerül, amit szintén többször használtunk. A komparátor bemeneteinek megfeleltetését (referencia, vezérlőjel) úgy választottuk meg, hogy billenésekor a kimenetén negatív impulzust szolgáltat. Ezt pedig a monostabilnak kötött 555-ös timer trigger-bemenete követeli meg. Az IC1c része pedig ismét egy komparátor, ami az IC2 fontos, *Reset* (*4. láb*) bemenetét vezérli. Ez az áramköri részlet akadályozza meg a bekapcsolási téves indítást, illetve biztosít tranziensvédelmet. A bekacsolás pillanatában az R10, C4 miatt a kom-



22. ábra



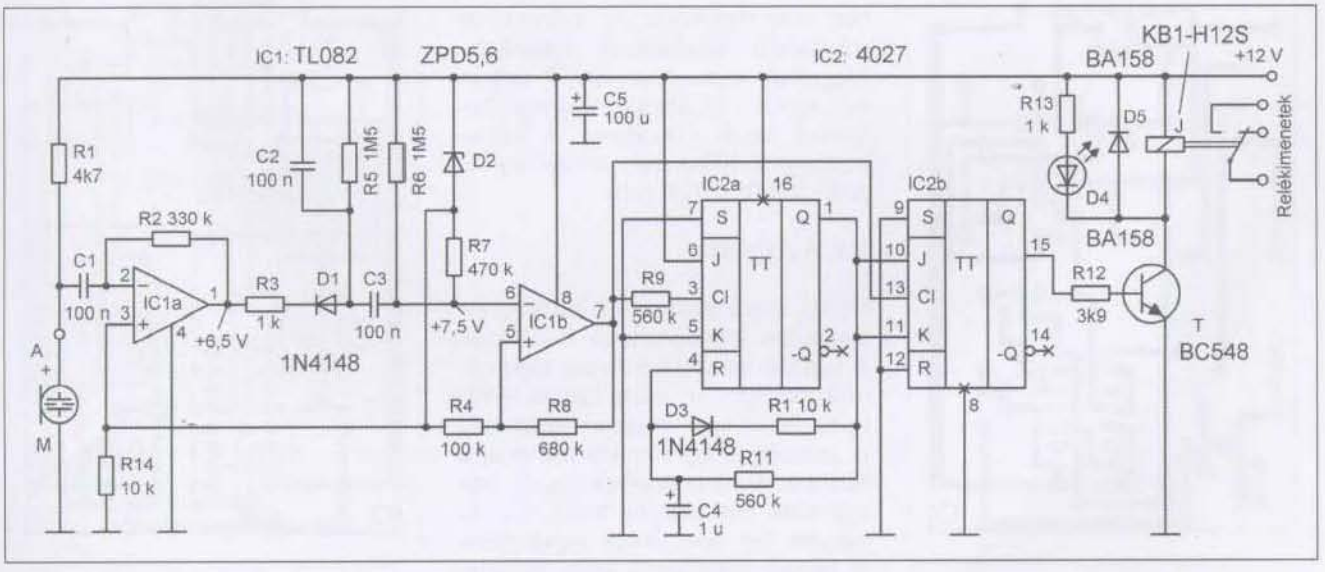
23. ábra

parátor kimenete alacsony szintű lesz, így a timer kimenete letiltódik. Az időállandó letelte után olyan lesz a helyzet, mintha a *Reset* bemenetét a szokásos módon tápra kötnénk. A monostabil kimenet a kapcsolón keresztül (s ezt is alkalmaztuk már) vezérelheti a relés egységet. Ekkor a bekapcsolási időt az R14, P2, C6 elemek határozzák meg. Készíthetünk hozzá bistabil fokozatot pl. egy harmadik IC-vel, vagy – mint azt az ábrán szaggatott vonallal bekötve – tranzisztoros változatot is. Ez utóbbi már az 1. ábránkon bizonyított. A végére így egy kicsit terjengős lett, de megbízhatóan, szépen működött.

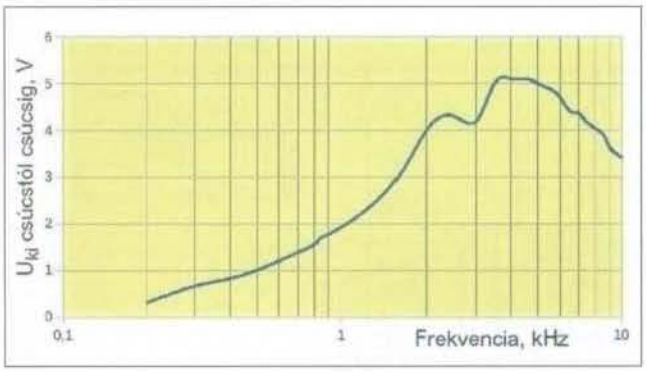
5. Más utakon

5.1. „Kétszer ad, ki gyorsan ad"

Tovább dolgozunk a minél zavarmentesebb (üzembiztosabb) hangvétel tekintetében, s közelítünk a kódolás megvalósítása felé is. Készítettünk már jóminőségű szűrős bemenő fokozatot, s azzal el is értük azon koncepció határát. Fejezetünkben most más utakon járunk. Állítjuk, hogy nagyban hozzájárul a tévedés kizárásához, ha a hangkapcsolónk csak akkor lép működésbe, ha az indító jelet egy adott időn belül megismételjük. (A redundancia jelenségét a hírközléselmélet is használja erre a célra.) A **24. ábrán** tehát egy olyan hangrelé kapcsolását



24. ábra

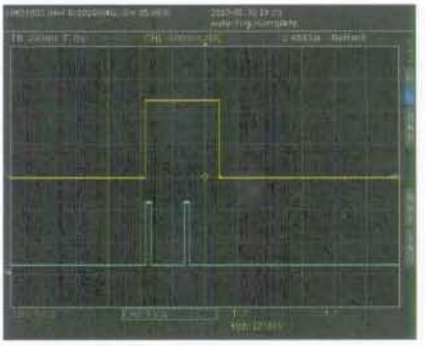


25. ábra

látjuk, amit kétszer kell indítani ahhoz, hogy a kimenet állapotot váltson. Az előfokozati részletet nézve új momentummal nemigen találkozunk.

Az IC1 (TL082) kettős OPA együttesen egy erősítő-komparátor kombinációt alkot. Az egész egység munkapontbeállítását „központilag" a D2, Z-diódás stabilizátor biztosítja. Ez szellemes módon beállítja az egytelepes táplálóhoz szükséges erősítő munkapontot, valamint a komparátor bemeneteinek egymáshoz képest eltolt nyugalmi feszültségét. A konkrét értékeket a kapcsolási rajz tartalmazza. Az erősítő igen érzékeny, már csúcstól csúcsig 10...15 mV-os bemenőjel képes túlvezérelni. A fokozat kimeneti jele pedig egy, kb. 7 V DC-n ülő szinuszjel (ugyanilyen jelű meghajtás esetén). Annyit még tudnunk kell róla, hogy felületeresztő karakterisztikája (**25. ábra**) sokkal markánsabb az eddigieknél. Egyenirányítás, szűrés után az IC1b komparátor a kimenetén egy pozitív impulzust generál. Az igazi „csavar" pedig a logikai egységnél van.

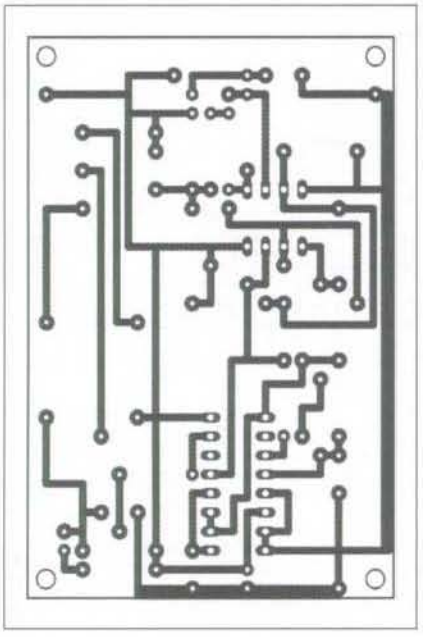
Monostabil + bistabil = jó működés a „képlet" most is, de egy kicsit másképpen. A monostabil (IC2a) felépítése változatlan, a szolgáltatott impulzus – tán már nem meglepő módon – 400...500 ms időtartamú. A komparátortól jövő meghajtójelet az órajelbemenetén (*3. láb*) némi „időcsúszással" fogadja, amit az R9 nagy értéke és a tok bemeneti kapacitása együttesen határoz meg. Ugyanaz a meghajtójel pedig a bistabil fokozathoz közvetlenül (*13. láb*) érkezik meg. A monoflop kimeneti impulzusa ezzel a CD4027-es tároló *J-K* bemeneteit „készíti fel" a működésre, azaz az IC2b átbillenése még nem következik be. Ehhez akkor az kell, hogy a monostabil működési idején belül még egy indítójel (pl. taps) jöjjön. Ez a monoflop működésére nézve hatástalan lesz, de már a helyes munkapontban levő bistabilt átbillenti. A jó működéshez fontos tehát, hogy azon a kb. 400 ms-on belül kétszer kell tapsolni, hogy kapcsolónkat aktiváljuk („kétszer ad, ki gyorsan ad"). Egy valós helyzetben felvett pillanatfelvételt mutat a **26. ábránk**, ahol a monostabil idején belül (Ch1, sárga) láthatjuk a komparátor két meghajtójelét (Ch2, kék). Elkészítését már külön fejezetben nem tárgyaljuk, az előzőek értelemszerű alkalmazása szükséges. Megadjuk viszont az 50×75 mm-es nyáktervét (**27. ábra**), valamint beültetési rajzát (**28. ábra**). A mintapéldánynál felhasznált jelfogó típusa pedig a KB1-H12S volt.



26. ábra

A megvalósuló zavarmentes működés így kizár-ja minden más, a természetben előforduló hangforrás működést befolyásoló hatását. Mindezt pedig a kvázi digitális szűrő konstrukciónak köszönheti. Az is újdonság, hogy elektrétkapszula helyett most egy tokozott, azaz hangolt üregbe szerelt piezolapka a hangfelvevőnk, amely egyrészt éles rezonanciát mutat, másrészt rezonancián viszonylag nagy jelet szolgáltat. Előerősítőre persze szükség van, de szelektív tulajdonsággal már nem kell, hogy rendelkezzen.

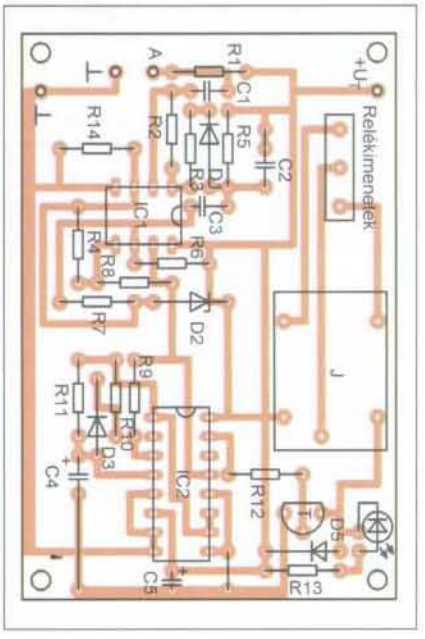
Az új koncepciónk az *EPE (Everyday Practical Electronics) 2005/9. számában* látott megoldás adaptálása nyomán jött létre. Működésének alapja egy bináris számlálóhoz köthető. A bejövőjelet itt is erősítjük mielőtt az a számláló órajelbemenetére kerül. A számláló áramkör „felbecsüli" vajon a bejövőjel egy bizonyos frekvenciatartományon belül van-e? A számláló mérési ciklusa egy vezérlő oszcil-



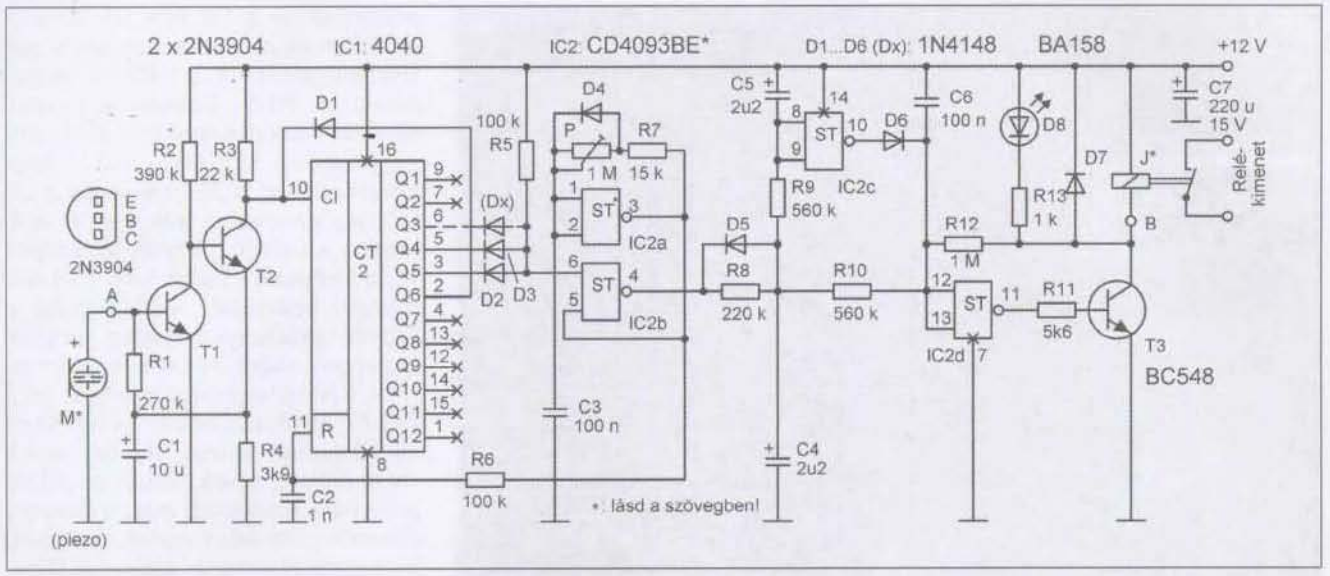
27. ábra

5.2. A „digitális"

Utolsó fejezetünkben közölt hangrelé alapjaiban különbözik az előzőektől. A legtöbb hangműködtetésű kapcsoló működéséhez az adott hangtartományon belül egy elegendő amplitúdó is szükséges. Új áramkörünk csak a frekvenciára lesz érzékeny, az is csak egy szűk tartományon belül. Ez oly annyira így lesz, hogy tapskapcsoló helyett inkább síp, vagy fütty-indítású berendezésről beszélhetünk.



28. ábra

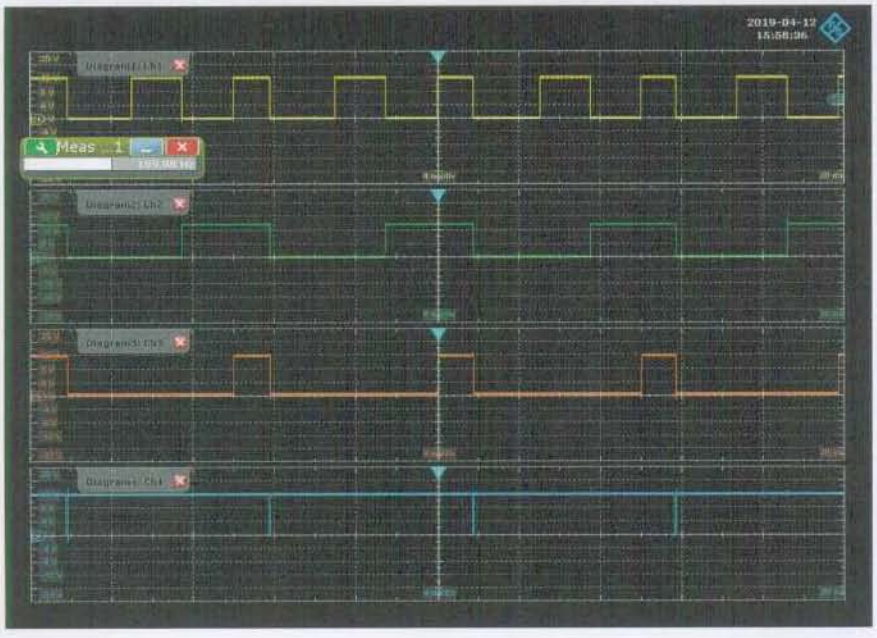


29. ábra

látorhoz kötött, amely periodikusan reszeteli annak működését, kezdeményezendő egy új mérést. A számlálót egy dekóder egység követi, amely eldönti, hogy egy elvárt adatmennyiség került-e vételre egy adott időn belül. A dekóder kimenetét egy újraindítható monostabil, majd bistabil részlet követi. Mindezek után a konkrét kapcsolási rajzunkat a **29. ábrán** mutatjuk. Az áramkörünk lelke a CD4040-es 12 bites számláló (IC1), melynek it csak az első hat „lépcsőjét" használjuk. Annak órajelbemenetére (*10. láb*) jut a piezolapka jelét lekezelő, T1, T2 köré épülő nagyerősítésű fokozat kimenőjele. Az IC2a (Schmitt triggeres NAND) kapujából készült oszcillátor pedig rövid impulzusokat szolgáltat, amely a számlálót adott frekvenciával reszeteli. Az aszimmetrikus jel/szünet arányáért pedig a P, az R7 és a D4 elem a felelős. Ezen a jelformán további módosítást végez az R6, C2 integráló tag.

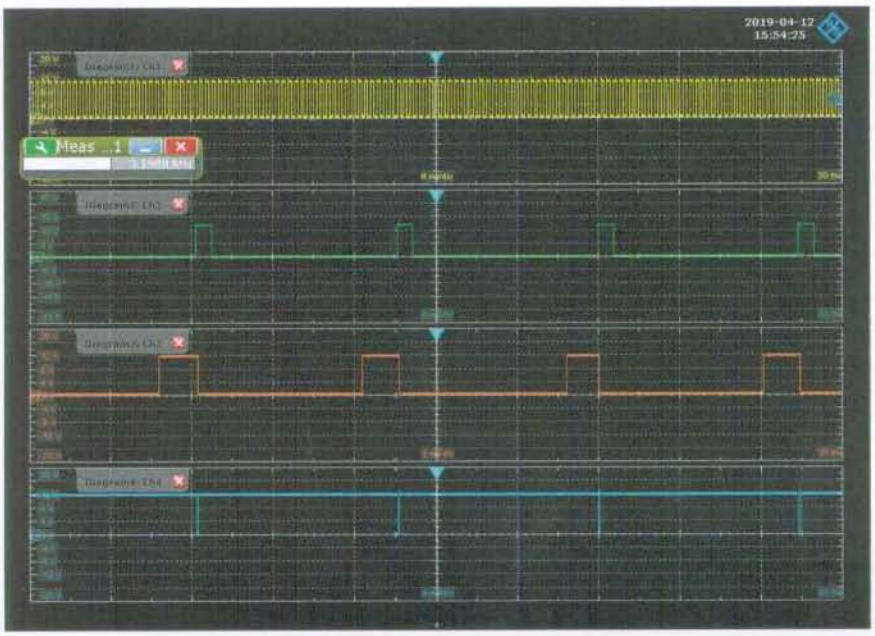
Minden történés egy adott reszetimpulzus végénél kezdődik (pl. a fentiek szerint, hogy az erős „higítás" megszűnjön.). Ekkor a számláló elkezdi számolni a bejövő órajelet. És ekkor a *Q1-Q6* kimenet szintje az osztásarányoknak megfelelően „átrendeződik". Két reszetimpulzus között tehát egy adott számú bemeneti „minta" dolgozódik fel. A *Q4* és *Q5* kimenetre kötött két (D2, D3) dióda az R5 ellenállással ÉS kaput képez, mely egyúttal a dekóder áramkörünk is lesz. Ez azt jelenti, hogy annak kimenete csak akkor lesz **H** szintű, ha az előbbi két kimenet egyidőben **H** szintű. Ez a konstelláció pedig akkor áll elő, ha két reszetimpulzus között 24-32 bejövő impulzust kezel az IC.

(E ponton engedtessék meg egy rövid „szolgálati közlemény". Minden további folyamat (is) egy hatcsatornás oszcilloszkóp-felvétellel demonstrálható lenne. Mivel ez nem állt rendelkezésre, így két négycsatornás felvétellel mutatjuk igazunkat. Nem ideális, de talán így is követhetők lesznek az „események". A felvételezésnél (s majd később a bemérésnél is) beállított értékek a könnyű ellenőrizhetőség miatt a következők voltak: A reszetjel frekvenciája: 100 Hz, a bejövő jelfrekvencia 3,2 kHz.)



30. ábra

A **30. ábrán**, s annak csatornafelvételein (fentről lefelé: Ch1 = *Q4* = 200 Hz, Ch2 = Q5 =100 Hz, Ch3 = dekóder kimenet) tehát az előző megállapításunkat láthatjuk. A dekóder kimenete és a reszetjel az IC2b NAND kapuhoz jut, és annak kimenete (*4. láb*) akkor szolgáltat egy negatív impulzust, ha a dekódoló kimenete, és a következő reszetelő impulzus egyidejüleg **H** szintű. Ezt pedig a **31. ábra** mutatja (fentről lefelé: Ch1 = bejövő jel = 3,2 kHz, Ch2 = reszetjel = 100 Hz, Ch3 = dekóder kimenet, Ch4 = IC2b kimenet). Ezután némi késleltetést követően (R6, C2) a számláló reszetelődik, azaz annak összes kimenete- s így a dekóder kimenete is **L** szintű lesz.



31. ábra

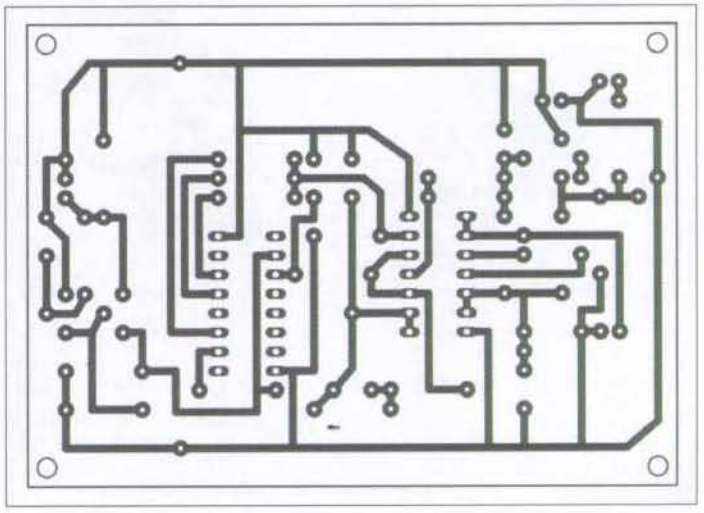
A további logikai folyamatot követve, ekkor az IC2b kimenete visszaváltott **H** szintre, azaz az együttállás pillanatszerű, az egy keskeny negatív impulzust szolgáltat (30 és 31. ábra). Ezen impulzus időtartamát pedig az határozza meg, hogy mennyi az időkülönbség az IC2a kimenetének **H** szintűvé válása, és a számláló reszetelődése között, s ebben van szerepe R6, C6 tagoknak. Amennyiben túl kevés impulzus mutatkozik a bemeneten (alacsonyabb frekvencia) még mielőtt az előbbi kimenet **H**-ra váltana, a dekóder kimenete **L** szintű marad, s így IC2b kimenetén sem lesz impulzus. Megjegyezzük, hogy a dekóder „ablakszélességét" csökkenthetjük további kimenet(ek) a diódás ÉS kapuba történő bevonásával. Rajzunkon egy opciót D_x-el jelöltünk. Ha pl. a *Q1* és a *Q2* kimenetet dekódoljuk, akkor már nagyon „precíz" füttynek kell lennie ahhoz, hogy az egység működhessen. Ha a szűrőnk „értelmezési tartományánál" nagyobb frekvencia érkezik a reszetimpulzus előtt (itt több, mint 32 impulzus), akkor a *Q1-Q5* kimenet **L**, míg a *Q6* **H** szintű lesz. Ez a D1-en keresztül söntöli az R3-at, azaz letiltja az erősítő működését, nem képződik további bemenőjel. Ennélfogva a dekóder alacsony szintű marad, és megakadályozza, hogy IC2b kimeneti impulzust produkáljon, amikor a következő reszetjel feltűnik. Az előzőekből meg egyértelműen kitűnik, hogy a *számláló rendszerű* szűrőnk „értelmezési tartományát" a reszetjel frekvenciájával, P segítségével tudjuk hangolni.

Nem szokványos a monostabil áramkör kialakítása sem. Amikor az IC2b kimenete **H** szintű („érvénytelen" szűrő állapot), akkor C4 az R8 ellenálláson keresztül töltődik. Amikor azonban a szűrő „érvényes" jelet fog (lásd előző okfejtéseinket) az IC2b kimenete alacsony szintűvé válik, és C4 gyorsan kisül D5-ön keresztül. Ha folyamatosan jön pl. a fütty, akkor C4 nem tud újratöltődni, így annak feszültsége **L** szintű marad (újraindítható monostabil). Ez az alacsony logikai szint továbbítódik az IC2c-d-re épülő bistabil áramkörhöz.

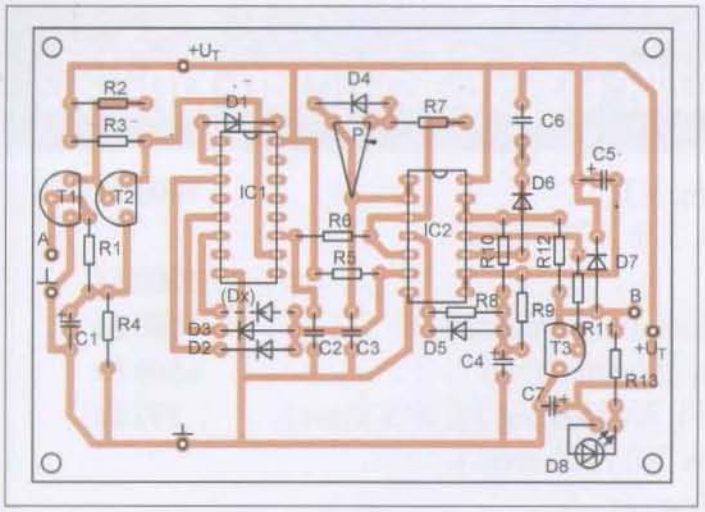
Feltételezzük, hogy az inverternek kötött IC2d bemenetei (*12.,13. láb*) **H** szintűek (az-az nincs „érvényes" bemenőjel), akkor T3 nem nyit ki, kollektorán közel tápfeszültség mérhető. Ez az érték R12-n visszacsatolva az előző bemeneteket **H** szinten rögzíti. Amikor pedig IC2d bemenetén megjelenik a negatív impulzus, akkor a C5 és a C6 töltődik az R9-en és az R10-en keresztül, ami feszültségesést okoz IC2c-d bemenetein. A töltő ellenállások egyformák, de a kondenzátor értékek között nagyságrendi különbség van. Ennek következtében IC2d bemenetén a feszültség gyorsabban esik, s éri el az **L** logikai küszöböt. Következésképpen IC2d kimenete előjelet vált, T3 (és a jelfogó) bekapcsol. Amikor pedig a füttyöt abbahagyjuk (nincs negatív impulzus), akkor – az előzőek szerint. – a C4 feszültsége **H** szintű lesz, a C5 és a C6 kisül, az áramkör pedig ebben az állapotban marad. Ha egy újabb rövid sípjelet adunk, akkor az előbbi procedúra ismétlődik meg, a kimenet állapota változatlan marad. Azonban, ha a bemenőjel annyi ideig van jelen, hogy C5 feszültsége is elérje az az IC2c alacsony logikai szintjét, akkor annak kimenete **H** szintű lesz, és a D6-on keresztül kisüti a C6-ot. Mindezen történéseket összefoglalva: *egy rövid fütty (vagy síp) hatására a relé bekapcsol, míg egy hosszabbra pedig kikapcsol.* És már a kódolás előszobájában vagyunk.

5.3. A „digitális" elkészítése, beállítása

Az áramkörhöz készült egy 60×85 mm-es nyákterv is (**32. ábra**), melynek beültetési oldalát a **33. ábra** mutatja. A panel nem tartalmazza a jelfogót, az a *B* ponton csatlakozik az áramkörhöz. Ennél a típusnál is érdemes fokozatonként elvégezni a beültetést, s mindjárt ki is próbálni. Például a bistabil fokozat ellenőrzéséhez a következőket tegyük: az R9, R10, C4



32. ábra



33. ábra

közös pontját egy 10...100 kohmos ellenálláson keresztül kössük U_T-re. Ezt a pontot aztán röviden, majd hosszan érintsük a testpontra! Ennek hatására a D8 üzemállapotjelző LED-nek az előírtak szerint kell működnie. Itt azt kell megjegyezzük, hogy a bistabil az MC14093BCP típussal nem működik, oda csak a CD4093BE a megfelelő! Továbbá az üzemeltetés (bemérés) során azt is vegyük figyelembe, hogy a bistabil logikai részénél relatíve nagyértékű ellenállások határozzák meg a töltési-kisütési folyamatokat, amihez idő kell. Éppen ezért szükséges néhány másodperc, míg az egyes működési helyzetek „beállnak", azaz a gyors egymásutáni be-kikapcsolás nem lehetséges. Valós üzemnél ez nem jelent(het) problémát, de a bemérés során ezt vegyük figyelembe!

Úgy véljük, hogy az áramkör működését (talán az újdonság okán?) oly mélységig elemeztük, hogy minden információ adott egy esetleges alapos vizsgálathoz. Az alábbi eredmények felvételekor az IC1 órabemenetére adtunk HF generátorból CMOS szintű bemérő négyszögjeleket. A szűrő „befogási tartományát" a szkópábrák alapján ellenőrizhetjük. Szkóp nélkül pedig egy multiméterrel mérjük a C4 feszültségét. Annak feszültségének érvényes vétel esetén 2 V alá kell csökkennie. A reszetjel-generátor frekvenciatartománya 35-Hz-től 1 kHz-ig szabályozható. Nagy hibát nem követünk el, ha azt mondjuk, hogy a helyes működéshez – a *Q4* és a *Q5* dekódolása esetén – a bemenőjelnek kb. 30-szorosának kell lennie a reszetjel frekvenciájához képest. HF generátorral történő bemérési (s egyben beállítási) példánknál 100 Hz-es reszetjelhez kb. 3 kHz-re vettük a bejövő jelet, s ekkor szépen ki lehet mérni a szűrő befogási tartományát, ami a példánk esetében ±160 Hz volt. Ilyen keskeny sávban kell a bejövőjelet megválasztani, a tapsolás ehhez már kevés. Praktikus próbáló eszköz a golyóssíp (labdarugó játékvezető, MÁV kalauz rendszeresített munkaeszköze). Szemben az elektrétmikrofonnal, a piezo-lapka bekötése közömbös. Természetesen nincs akadálya az előbbi mikrofon-erősítő kombináció alkalmazásának sem. „Kihegyezett" beállításban a zavarmenteségének köszönhetően hatótávolsága elérheti a 30 m-t is. Az áramkör 5...12 V-os tápfeszültség-tartományban működik. Az aktuális értékhez kell a jelfogó típusát megválasztani. Az áramkör áramfelvétele 9 V-os táplálás esetén kevesebb, mint 1 mA.

6. Tranzisztorhelyettesítések

Szóljunk néhány szót a bemutatott kapcsolásokban szereplő tranzisztorokról. Ezek mind kisjelű npn szilícium eszközök. Ha a kiválasztott áramkör kapcsolási rajzán feltüntetett típus éppen nem áll rendelkezésünkre, akkor nyugodtan helyettesíthetjük más, hasonló feladatkörre alkalmas példánnyal.

A bemenetre valamilyen alacsony zajú típus (a BC184C, BC549C helyett pl. BC413, BC109C, BC547C) is megfelel. Ezekkel a 2N3904 (29. ábra) is kiváltható, de ügyeljünk a bekötésre: a felsorolt helyettesítő típusokéhoz képest a 2N3904 emitter- és kollektorkivezetése fel van cserélve! A közbenső fokozatokban, multivibrátorokban szereplő BC182 helyett ugyanígy alkalmas a BC183, BC184, BC107, BC108, BC546, BC547, BC548 és ezeken kívül számos „egzotikus" típus. Utóbbiak kö-zül megemlíthető a kelet-ázsiai kommersz elektronikai termékekből kiforrasztott kisszájú 9014, az univerzális 9015. Ezek lábkiosztása a 2N3904-ének megfelelő (*Rádiótechnika 2002/8*).

Egy komolyabb jelfogó meghajtására nem árt minimálisan 100 mA-es kollektoráramot tartósan elviselő példányt beépíteni. A 2N2222 helyett pl. PN2222-t vagy BC337-et, a kelet-ázsiaiak közül a 9013-ast alkalmazhatjuk az otthoni készletből. Még nagyobb áramú jelfogókat a fentiek közül az S8050-nel, esetleg kis darligtonpárral hajthatunk meg, de n-csatornás MOSFET-ekkel is kísérletezhetünk.

7. Zárszó

Az előző oldalakon sok mindent elmondtunk a hangrelékről, de nem törekedhettünk a teljességre. Szűkre szabott keretünk ennyit engedett meg, talán a *Rádiótechnikában* lesz lehetőség további kitekintésre. Véljük, hogy adtunk olyan átfogó, rendszerezett képet, amely mentén az olvasó el tud igazodni a különböző, itt nem ismertetett konstrukciók, kapcsolások között. Azt is jeleztük, – s mutattunk egy példát is –, hogy alkalmasint az egyes áramköri modulok egymással kicserélhetők. Bátran biztatjuk az érdeklődőket ezek kipróbálására.

Nem tudtunk rávilágítani a téma erősáramú vonzatának kivitelezési veszélyeire. Legyünk körültekintőek ezen „végjátéknál", a hálózati feszültséggel működő rendszerek kivitelezésére vonatkozó érintésvédelmi előírásokat, szabályokat szigorúan tartsuk be!

Ugyancsak a hangkapcsolók témaköréhez tartozna a fényorgonák nagy családja, de ez már tényleg egy másik cikk feldolgozási tematikája lenne.

Végezetül a szerző köszönetét fejezi ki tanult kollégájának, *Szombathy Csaba* okl. villamosmérnöknek a többcsatornás oszcilloszkóp-felvételeknek a *BME Rohde&Schwarz Referencialaboratóriumában* történő elvégezhetőségéért.

Irodalom:

1. Békei Ferenc: Drótnélküli mikrofonok; Rádiótechnika 2007/11.
2. Tapskapcsoló; Rádiótechnika 1987/11.
3. U. Tieze – Ch. Schenk: Analóg és digitális áramkörök; MK 1981

A Rádiótechnika HAM-bazár egységcsomag-kínálata

LIC lineár IC-pakk (30 db különféle lineár IC) . . . . . **1000 Ft**
SCRP tirisztor-pakk (4 db BT152-800, 5 db KT206/200,
6 db KT505, 5 db MCR100-8) . . . . . **1500 Ft**
SP1 SSR-pakk (3 db 240 V/25 A AC, bontott szilárdtestrelé) . . . . . **5000 Ft**
SP3 SSR-pakk (3 db 240 V/25 A AC, új szilárdtestrelé) . . . . . **6500 Ft**
XP1 xtal-pakk (1-1 db 7020, 7040, 7060, 7080 kHz-es HC49/S kvarc) . . . **800 Ft**
(A kvarcok egyenként is rendelhetők 300 Ft/db áron!)
XP2 xtal-pakk (1-1 db 3, 4, 5, 6, 8 MHz-es és
20 db 1,8432 ... 18,4320 MHz közötti HC49/U kvarc) . . . . . **1000 Ft**
XP3 xtal-pakk (1-1 db 8, 12, 14, 15, 25 MHz-es és
20 db 1,8432 ... 18,4320 MHz közötti HC49/U kvarc) . . . . . **1000 Ft**
Zsákbamacska (príma mix aktív és passzív alkatrészekből) . . . . . **690 Ft**
Kondenzátor-, ellenállás- és trimmerpoti-pakkok! (Ld. a honlapon!)

Bpest. XIII., Dagály u. 11 I. em. H-P. 09-14 ó, Cs. 09-17 ó vagy postai utánvéttel.
Tel.: 239-4932/36, 239-4933/36 1550Bp., Pf.123 hambazar@radiovilag.hu
2 kn1

A Rádiótechnika HAM-bazár egységcsomag-kínálata

LP1 LED-pakk (30 db 3 mm-es kfl. színű, gründolt LED) . . . . . **200 Ft**
LP2 LED-pakk (15 db 3 mm-es + 15 db 5 mm-es vörös LED) . . . . . **200 Ft**
LP3 LED-pakk (25 db kfl. színű, extra-forma, gründolt LED) . . . . . **200 Ft**
VP1 varikap-pakk (6 db 2V104D, 6 db 2V110V, 1 db B B112, 4 db BB329, 8 db BB521) . . . . . **700 Ft**
ZP1 zener-pakk (70 db klf. Z-dióda, 2 V ... 120 V közötti értékek) . . . . . **700 Ft**
FP1 FET-pakk (14 db 2SK168D, 8 db 2N3820, 8 db J202) . . . . . **1500 Ft**
MP1 MOSFET-pakk (6 db BF961, 6 db BF964, 18 db BF982) . . . . . **1200 Ft**
TP4 tranzisztor-pakk (60 db klf. npn, pnp, Si és Ge kistelj.) . . . . . **500 Ft**
TP5 tranzisztor-pakk (140 db klf. npn, pnp, Si és Ge kistelj.) . . . . . **1000 Ft**
TP6 tranzisztor-pakk (25 db klf. npn, pnp, Si és Ge nagytelj.) . . . . . **1000 Ft**
TP7 tranzisztor-pakk (60 db klf. npn, pnp, Si és Ge nagytelj.) . . . . . **2000 Ft**
DAP1 darlington-pakk (2 db BDX33C, 2 db BDX34C, 6 db BC516, 6 db BC517) . . . . . **700 Ft**

Bpest. XIII., Dagály u. 11 I. em. H-P. 09-14 ó, Cs. 09-17 ó vagy postai utánvéttel.
Tel.: 239-4932/36, 239-4933/36 1550Bp., Pf.123 hambazar@radiovilag.hu
2 pn1

Technikatörténet – évszámokban

Dr. Fábián Tibor okl. villamosmérnök, itaf70@gmail.com

10 éve történt

– A 2010. évi fizikai Nobel-díjat – megosztva – *Andrej Konsztantinovics GEJM* (*1958) és *Konsztantin Szergejevics NOVOSZELOV* (*1974) orosz származású, a Manchesteri Egyetemen dolgozó tudósoknak ítélték oda a kétdimenziós grafénra – az egyetlen atom vastagságú grafitrétegre – vonatkozó előremutató kísérleteikért. (Nevük az angolszász forrásokban Andre Geim és Konstantin Novoselov.) Gejm 2000-ben élő békák mágneses térben való lebegtetéséért holland kutatótársával citrom-Nobelnek is nevezett IgNobel-díjat kapott a Harvard Egyetemen...

– Január 7-én az Intel piacra dobta az első 32 nm csíkszélességgel gyártott Westmere architektúrájú 2...3 GHz-es processzorait, a desktopoknál és a mobilokban alkalmazható *i3-530*, *i3-540*, *i3-330M* és *i3-350M* típusokat. Az újabb hat magos *i7-980x* processzor március 16-án, az olcsóbb *i7-970* pedig július végén jelent meg. Napjainkban a csíkszélesség 7 nm körül van.

– Január 16-án 16:00 órától a hazai mobiltelefon-előfizetőket 11 számjegy, azaz belföldi előtét, hálózatkijelölő és előfizetői szám beírásával lehet hívni.

– Január 27-én az Apple bemutatta az *iPad* érintőképernyős tabletet, az okostelefon és a laptop közötti kategóriát képviselő számítógépet. A LED-es háttér-világítású, 1024×768 pixeles felbontású képernyő 25 cm-es volt, 1 GHz-es processzorral, 16...64 GiB flash memóriával rendelkezett. A tabletet április 3-tól árusították az USA-ban.

1. ábra. Az *IKAROS* 1:64 arányú modellje. [wikipedia]

2. ábra. Maurice V. Wilkes utolsó fényképe. [www.telegraph.co.uk]

– Május 21-én Japánban felbocsátották az első napszél-hajtású űreszközt, az *IKAROS*-t (Interplanetary Kitecraft Accelerated by Radiation Of Sun). A 14×14 m-es vitorla 7,5 um vastagságú fóliából készült **(1. ábra)**. A Vénuszt hat hónap alatt közelítette meg kb. 81 ezer km-re. A napszél-vitorlás felületén elhelyezett eszközök táplálását vékonyréteg-napelemek biz-tosították. A fedélzeti műszerekkel a napszél nyomására bekövetkező gyorsulást, a kozmikus por sűrűségét, a Napkitörések gammasugárzását ellenőrizték.

– Május 25-én Budapesten a földfelszíni digitális tv-adásban új, fizetős programcsomag indult *MinDig TV Extra* névvel.

– Az Apple június 7-én bemutatta, majd június 24-től megkezdte az *iPhone 4* árusítását.

– Június 11-én az Antenna Hungária elindította a digitális földfelszíni televíziós sugárzást a budapesti Hármashatár-hegyi adótoronyból. Az új adó egyfrekvenciás hálózatban (Single Frequency Network) sugároz a Széchenyi-hegyi és a Száva utcai adóval. A maximális ERP a 746 és 802 MHz-es multiplexek vonatkozásában mintegy 9 kW.

– Július 13-tól megszűnt a *Windows2000* fejlesztői támogatása.

– November 29-én meghalt *Maurice Vincent WILKES* (*1913) angol fizikus **(2. ábra)**, az egyik első szabadon programozható európai elektronikus számítógép, a Cambridge-ben épített, kb. 4 ezer elektroncsövet, higanyos késleltető művonalat tartalmazó *EDSAC* (Electronic Delay Storage Automatic Computer) tervezője és építője, a mikroprogramozás koncepciójának megalkotója.

25 éve történt

– A fizikai Nobel-díjat – megosztva – *Martin Lewis PERL* (1927-2014) és *Frederick REINES* (1918-1998) amerikai fizikusok kapták részecskefizikai felfedezéseikért.

– Január 2-től a Magyar Televízió 2. programját a földfelszíni 13 gerinc- és 75 átjátszó-adó a PAL szabvány szerint sugározza.

– Január 5-én Cleveland-ben (Ohio) elhunyt *Semi Joseph BEGUN* (*1905) német származású amerikai mérnök. Többek között feltalálta a repülőgépek „fekete dobozát", a mágnesezhető réteggel egyik oldalán bevont papírt, az ún. „hangos levelet" (Mail-A-Voice).

– Január 31-én az amerikai Hanover városában (N.H.) meghalt *George Robert STIBITZ* (*1904) amerikai matematikus **(3. ábra)**. Nevét – többek között – a háromtöbbletes kód valamint a *Bell-II.* számítógép őrzi.

– Március 28-án felbocsátották az Eutelsat II-F6X-et, ismertebb nevén a *Hot Bird 1*-et. Az Egyenlítő feletti K13° pozícióba állított geostacionárius műsorszóró műholdon 16 darab aktív és 8 darab tartalék Ku sávú (14/11

3. ábra. G. R. Stibitz és a *Model K*, az első elektronikus kétbites összeadó prototípusa a Smithsonian Institution kiállításán. [www.fold3.com/]

4. ábra. J. W. Mauchly, J. P. Eckert és az *ENIAC* (1963). [www.sutori.com/]

GHz), 36 MHz sávszélességű 70 W kimenőteljesítményű transzponder volt. A műhold „lábnyoma" Európa, Észak-Afrika és Közel-Kelet területét fedte le. A Hot Bird 1 ma már inaktív, „űrszemétnek" minősül.

– Május 28-án Budapesten meghalt *BUDINCSEVICS Andor* (*1905) Kossuth-díjas magyar vegyész. Többek között Bay Zoltán, Bródy Imre, Gábor Dénes munka- és alkotótársa, félfűtőáramú telepes csövek, klisztronok és magnetronok konstruktőre, oxidkerámiák fejlesztője.

– Június 3-án Bryn Mawr településen (Pa.) elhunyt *John Presper ECKERT* (*1919) amerikai villamosmérnök **(4. ábra)**, az *ENIAC* programozható számítógép egyik alkotója, a tárolt programú *BINAC* és az első kereskedelmi célú *UNIVAC* számítógép tervezője.

– Június 15-én Monrovia-i (Md.) otthonában agyvérzés következtében eltávozott az élők sorából *John Vincent ATANASOFF* (*1903) amerikai villamosmérnök, fizikus **(5. ábra)**, az első elektronikus bináris célszámítógép, az *ABC* (Atanasoff - Berry Computer) feltalálója.

– Június 23-án Evanstonban (Ill.) meghalt *Marvin CAMRAS* (*1916) amerikai villamosmérnök, a magnók korszerűsítője, a nagyfrekvenciás előmágnesezés (újra-) feltalálója, a mágnescsíkos film kidolgozója. A II. világháborúban a szövetségesek normandiai partraszállásakor a haditengerészet egységei az általa fejlesztett huzalos magnókról több ezer wattal csata hangjait sugározták megtévesztésül olyan helyeken, ahol nem is volt ütközet...

– A Microsoft augusztus 24-én tartotta a *Windows 95* világpremierjét. Két hónap alatt hétmillió példányt adtak el belőle. Megjelent az *Internet Explorer* is, s ezzel megkezdődött a „böngészők háborúja" a Netscape és a Microsoft között. Hazánkban a *Win95* szeptember elsején jött ki.

– A Sony szeptember 9-én az Egyesült Államokban, szeptember 29-én pedig Európában is megkezdte a *Playstation* játékkonzol árusítását.

– December elsején az Antenna Hungária Rt. és a Magyar Rádió Rt. megindította az Eureka 147 szabvány szerinti kísérleti *DAB* sugárzást. A Rádió 6-os stúdiójából a jeleket optikai kábelen juttatták a Szabadsághegyi adóhoz, mely 230,784 MHz-en 700 W-tal sugározta a Budapest környéki hallgatók számára a *Kossuth*, a *Petőfi*, a *Bartók rádió* valamint a *Szülőföldünk, Rádió Budapest* műsorát.

– December 18-án a hesseni Hünfeld településen meghalt *Konrad ZUSE* (*1910) német mérnök, a *Z1 – Z4* programvezérelt elektromechanikai számítógépek és az első tranzisztoros gépek közé tartozó *Z22* konstruktőre.

50 éve történt

– Az 1970. évi fizikai Nobel-díjat – megosztva – *Hannes Olof Gösta ALFVÉN* (1908-1995) svéd és *Louis Eugéne Félix NÉEL* (1904-2000) francia fizikus kapta a magneto-hidrodinamikát megalapozó felfedezéséért, illetőleg a mágnességgel kapcsolatos kutatásáért.

– Január elsejétől a Magyar Posta budapesti kísérleti sztereó rádióadója 67,4 MHz-en 3 kW-tal sugároz.

5. ábra. J. V. Atanasoff (1990). [http://ei.cs.vt.edu/]

6. ábra. A képlemez és -lejátszó feltalálói: Gerhard Dickopp, Hans-Joachim Klemp, Horst Redlich, Eduard Schüller (1970). [https://www.terramedia.co.uk/]

– A március 15.–szeptember 13. között megrendezett oszakai Expo '70-en a japán NTT bemutatta az első zsinór nélküli (cordless) telefonkészüléket. A telepített alap (base) és a hordozható kézibeszélő (handset) közötti pár tíz méteres átvitel ekkor még a vivő analóg modulációjával, az 1,7 MHz-es sávban történt. Az adó teljesítménye nem haladta meg a 10 mW-ot, a beszéd átviteli sávja 300 Hz...3,4 kHz volt.

– Április 4-én volt hazánkban az első helyszíni színestévé-adás: a Magyarország-Ausztria VB selejtező futballmérkőzést közvetítették. Ekkor állították üzembe a lassító-visszajátszó berendezést is.

– Június 24-én Berlinben az AEG-Telefunken és a Teldec bemutatták közös fejlesztésüket, a *TED* (Television Electronic Disc) képlemezt és az analóg lejátszó laboratóriumi példányát **(6. ábra)**. A 8″ átmérőjű, 0,1 mm vastag PVC lemez 5 perces, a 12 inches pedig 12 perces, kb. 250 sorfelbontású fekete-fehér műsort hordozott. A percenként 1500 fordulatú lemez barázdáiban a PAL szerinti videojelek „mélyírással" (préseléssel) voltak rögzítve. A leolvasás szánkó alakú, gyémánttűs piezoelektromos pick-up segítségével történt. A több százszor lejátszható műsoros képlemezeket 15...20 német márkáért, a képlemezjátszót 500...1000 DM-ért árusították.

– Június 30-án az AT&T Pittsburghban megnyitotta első kereskedelmi képtelefon-hálózatát nyolc vállalat 38 előfizetője részére. A 30 perc/hó időtartamú videobeszélgetésért havonta 160 dollárt, minden percnyi időtúllépésért 25 centet kellett fizetni. A hálózatban az AT&T 1964-ben bemutatott készülékének továbbfejlesz-

7. ábra. Az AT&T korszerűsített képtelefonja (1969). [wikipedia]

tett változatát, a *Picturephone Model No.2*-t alkalmazták **(7. ábra)**.

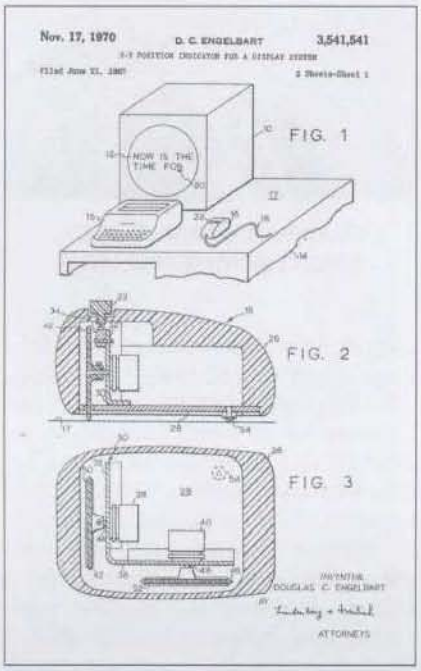
– Szeptemberben megjelent a Victor Company of Japan (JVC) által kidolgozott *CD-4* (Compatible Discrete 4-Channel System) kvadró hanglemez és -játszó. A lemezen a 45/45 fokban vágott barázda egyik oldala az 1-2., másik oldala a 3-4. csatorna jelének összegét valamint egy 30 kHz-es vivőre ültetett különbségi jelet hordozta. A lejátszáshoz egy speciális, ún. elliptikus Shibata-tű kellett. A rendszer frekvenciaátvitele 45 kHz volt.

– Az amerikai Corning Glass Works-nél a *Robert D. MAURER* vezette „alkalmazott fizika" kutatócsoport **(8. ábra)** telekommunikációhoz alkalmas, 20 dB/km-nél kisebb csillapítású monomódusú optikai szálak előállítását dolgozta ki. Találmányi bejelentéseiket május 11-én tették meg (U.S. Pat. 3,659,915: Fused Silica Optical Waveguide. 1972. máj. 2.; U.S. Pat. 3,711,262: Method of Producing Optical Waveguide Fibers. 1973. jan. 16.) 1972-re a csillapítás már 4 dB/km-re csökkent, a múlt század végére elérték a 0,2 dB/km-t.

8. ábra. A kis veszteségű optikai kábel feltalálói: Peter C. Schultz, Donald B. Keck és Robert D. Maurer (1970). [https://www.corning.com/]

– Októberben az Intel Corp. forgalomba hozta a *Joel A. KARP* vezetésével fejlesztett első DRAM-ot, az *i1103* típusú 1024 bites, 500 ns-os, három tápfeszültségű PMOS áramkört.

– November 17-én kapta meg a 3,541,541 sz. amerikai szabadalmat *Douglas C. ENGELBART* az *X-Y Position Indicator for a Display System* című 1967. évi találmányi bejelentésére **(9. ábra)**, vagy ahogy ma ismerjük: az „egér" találmányra.



9. ábra. Az „egér" szabadalom első oldala. [www.uspto.org]

– Novemberben *Martin SCHADT* és *Wolfgang HELFRICH*, a bázeli F. Hoffmann – La Roche & Co. kémiai konszern fizikusai felfedezték, hogy a szerves vegyület összetevőinek kezdőbetűi alapján PEBAB-nak nevezett folyadékkristály az elektromos tér erősségétől függően a fény polarizációját megváltoztatja. Találmányukat december 4-én jelentették be (CH532261: Lichtsteuerzelle. 1972. dec. 31.). Az elektro-optikai effektuson alapuló ún. térvezérléses LCD cellák szegmensei alapállapotban a lineárisan polarizált beeső fény síkját 90 fokkal elforgatják, pár voltos egyenfeszültség hatására a forgatás megszűnik. A találmányt

10. ábra. A. E. Joel, Jr. (1960). [http://amosjoel.com/]

elsőként a japánok alkalmazták a TN-LCD (Twisted Nematic – Liquid Crystal Display) kijelzős digitális órákban, ill. az EL-805 típ. Sharp kalkulátorban.

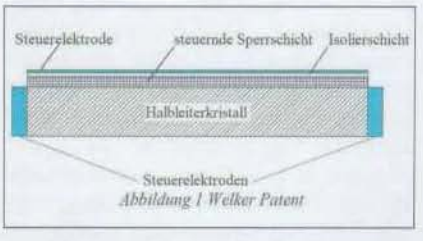
– December 21-én *Amos Edward JOEL, Jr.* amerikai villamosmérnök **(10. ábra)**, a Bell Labs munkatársa bejelentette a cellás rádiótelefon kapcsolóközpontra vonatkozó első találmányt (U.S. Pat. 3,663,762: Mobile communication system. 1972. máj. 16.).

75 éve történt

– Az 1945. évi fizikai Nobel-díjat *Wolfgang PAULI* (1900-1958) osztrák fizikus kapta a róla elnevezett kvantumelméleti „kizárási elv" megalkotásáért.

– A magyar kommunista párt (MKP) külföldi bizottsága által, a szovjet kormány támogatásával 1941 szeptembere óta működtetett moszkvai Kossuth Rádió, mely a nemzetközi besorolás szerint kalóz– (klandesztin-) adónak minősült, április 3-án bejelentette, hogy beszünteti további adását, mert „feladatát befejezettnek tekinti."

– Április 7-én nyújtotta be *Heinrich WELKER* német fizikus a kapacitív vezérlésű félvezető elrendezésre **(11. ábra)** – mai kifejezéssel a szigetelt vezérlőelektródás MOS-FET-re vonatkozó – találmányát (DP980084:



11. ábra. A MOS-FET struktúrája Welker szabadalmában. [https://kipdf.com/50jahretransistor_5ae1754b7f8b9a6a548b45d1.html]

Halbleiteranordnung zur kapazitiven Steuerung von Strömen in einem Halbleiterkristall. 1973. aug. 2.). A szabadalom ilyen késői megadásának részben az volt az oka, hogy 1945 és 1950 májusa között Németországban tiltva volt a szabadalmaztatási eljárások lefolytatása.

– Április 25-én hazánkban megnyílt a háború utáni első nyilvános távíró-összeköttetés Budapest és Szeged között.

– Május elsején déli 12 órakor Budapest hét különböző pontján (Blaha Lujza tér, Nemzeti Múzeum kertje, Liszt Ferenc tér, Erzsébet tér, Szent István tér, Ferenc tér, a Rádió székháza) megszólaltak az ünnepi műsort sugárzó tölcséres utcai hangszórók (megafonok). A harangszó és a „Te vagy a legény, Tyukodi pajtás!" kurucnóta tárogatón megszólaló első akkordjaira készült új szünetjel elhangzása után „A magyar rádió végre magyar!" volt az ünnepi köszöntő első mondata. (Az 1945. évi hazai eseményeket részletesen a *Rádiótechnika 2020/5. számában* mutatjuk be. – *A szerk.*)

– Az utolsó német rádióadót, a flensburgi állomást május 10-én foglalták el a brit csapatok. Ezt követően a németek számára minden adótevékenység tiltott volt. Az amerikaiak május 12-én Münchenben, a szovjetek május 13-án Berlinben, az angolok szeptember 22-én Hamburgban helyezték üzembe első katonai középhullámú rádióadó állomásaikat.

– Június 30-án megjelent *Neumann János* (John von Neumann) *First Draft of a Report on the EDVAC* eredetileg belső munkaközi anyagnak szánt beszámolója, melyben elsőként szerepel a program számítógépen belüli tárolásának, ill. a logikai vezérlés automatizálásának gondolata.

– Annak ellenére, hogy a szovjet hadvezetés március 28. és június 7. között az Egyesült Izzót teljesen „leszereltette" és „jóvátételként" kb. 700 vagonnyi anyagot, gépet, műszert, könyvet vitetett el, július 6-ára az Izzóban elkészült az első 10 darab izzólámpa. Az izzók gyártása tömegszerűen augusztus elején, a rádiócsöveké pedig augusztus végén indult be. Az újpesti telephelyen levő Orion gyártókapacitását is a Vörös Hadsereg „kötötte le", így már 1945-ben 10 ezer darab hordozható rádióvevőt kellett számukra készíteni.

– Július 16-án hajtották végre az Egyesült Államokban a *Robert OPPENHEIMER* vezetésével – *SZILÁRD Leó, WIGNER Jenő, TELLER Ede* közreműködésével – kifejlesztett első, 20 kilotonna hatóerejű atombomba kísérleti robbantását az új-mexikói Alamogordo sivatagban. Augusztus 6-án a japán Hirosima, augusztus 9-én Nagaszaki lett a többek által vitatott indokoltságú atombomba-támadás célpontja. Az áldozatok többsége civil volt.

– Augusztus 29-én Drezdában meghalt *Fritz PFLEUMER* (*1897)

12. ábra. H. Zemanek (2007). [https://gadgets.ndtv.com/]

osztrák származású német mérnök, a papír alapú mágnesszalag feltalálója.

– Szeptember 16-án, a Rádió stúdiójában tartott avató ünnepségen indították el a lakihegyi 20 kW-os Telefunken adót, mely a MÁVAG által készített 150 m-es déli antennatoronyra felhúzott ideiglenes varsa-antennáról sugárzott. Az adót, mely a háború előtt a „Budapest II." műsorát sugározta, még megsemmisítése előtt a Posta dolgozóinak sikerült elrejteniük Pápa környékén.

– A Wireless World 1945. évi októberi számában jelent meg *Arthur C. CLARKE* cikke *Extra-Terrestrial Relays* címmel. Ebben írta le, hogy a Földtől kb. 36 ezer km-re levő pályán keringő 3 darab geostacionárius műhold – a sarkok kivételével – a teljes földfelületet képes műsorral ellátni.

– December 15-én az újjáépített moszkvai tévé-központ megkezdte a 343 soros bontású, 25 kép/s félképváltós műsorok sugárzását 49,75 MHz-es képvivővel. Az 1939 januárjában megkezdett rendszeres tévé-adásokat 1941 júniusában állították le, s az adó berendezéseit az Urál-hegységbe szállították.

– December 29-én a Bell Labs kutatói, *Jack H. SCAFF* és *Henry C. THEUERER* találmányt nyújtottak be a germánium kristályok olvadékból való húzására, Ge tűsdiódák gyártására vonatkozóan (U.S. Pat. 2,602,211: Rectifier and method of making it. 1952. júl. 8.).

100 éve történt

– A Nobel-bizottság az 1920. évi Nobel-díjat *Charles Edouard GUILLAUME* (1861-1938) svájci származású francia fizikusnak ítélte „a vas-nikkel ötvözetek anomáliáinak felfedezésével szerzett méréstechnikai érdemeiért". Guillaume fedezte fel az általa *invár*nak nevezett, igen kis lineáris hőtágulási együtthatójú Fe-Ni-Mn-C ötvözetet, melyből pl. az órákhoz precíziós ingarudak, billegőkerekek, híradástechnikai célra pedig később mikrohullámú alkatrészek készültek. Az ő találmánya volt az *elinvár* nevű ötvözet (Fe-Ni-Cr-Mn-W-Mo) is, melyből hajszálrugókat készítettek.

– Január elsején Bécsben született *Heinz ZEMANEK* (†2014) osztrák villamosmérnök, informatikus **(12 ábra)**. 1952-ben fejezte be a mintegy 700 jelfogót tartalmazó elektromechanikus számítógépének, az *URR1* -nek (Universal Relais Rechner 1) építését. Európában elsőként tervezett és épített mágnesdobbal felszerelt tranzisztoros számítógépet, becenevén *Mailüfterl*-t (májusi szellő). A gép neve finom utalás volt a Massachusetts Institute of Technology-n korábban készített *Whirlwind*-re (forgószél).

– *Heinrich Georg BARKHAUSEN* és *Karl KURZ* német fizikusok az év elején publikálták a kb. 300 MHz-es jeleket előállító elektroncsöves oszcillátort, melynél az elektronok futási idején alapuló sebességmodulációt használták fel. Az ún. Barkhausen-Kurz cső (másként reflextrióda, retarded-field tube) volt a mikrohullámú csövek elődje.

– A Japán Fizikai-Matematikai Társaság február 21-i ülésén *Mototaro EGUCHI* fizikus professzor előadásában először hangzott el a „permanent electret" kifejezés az állandó villamos polarizációjú dielektrikumok megnevezésére. Az első használható elektrétet Eguchi állította elő: műgyanta-viasz elegyet megömlesztett, majd az ömledéket nagy térerő mellett lehűtve, az elektromosságot mintegy „befagyasztotta".

– Február 23-án az angol Marconi Társaság a világ első kísérleti „rádiótelefon" szolgáltatását indította el a London melletti Chelmsfordban felépített 6 kW-os *2MT* hívójelű adóról 2800 méteren. A naponta kétszer fél

órányi hír- és zenei műsorból álló kísérleti adások március 6-ig tartottak. Június 15-én közvetítették az első rádiókoncertet: Nellie Melba szoprán énekesnő dalestjét adták, melyet pl. Chelmsfordtól kb. 900 km-re levő gőzhajón, de még a 3 ezer mérföldnyire eső Új-Foundlandon is vettek. A közvetítés feltételeit *Peter P. ECKERSLEY* kapitány – a BBC későbbi főmérnöke – teremtette meg: a mikrofont pl. egy régi szivarosdobozból készítette...

– Március elsején Moszkvában, a MoszSzovjet Sabolovka utcai rádióállomásán üzembe helyezték a *Vaszilij Mihajlovics LEBEGYEV* mér-

13. ábra. A *Suhov-torony*. [https://twitter.com/urbanfoxxxx/]

nök által tervezett 100 kW-os ívfény-generátoros távíróadót. A 160 m magas, hiperboloid szerkezetű acél adótorony az előző év végére lett készen *V. G. Suhov* tervei alapján. A még napjainkban is látható *Suhov-torony* **(13. ábra)** alapjául 40 m átmérőjű betontömb szolgál.

14. ábra. J. Elster és H. Geitel fotométeres kísérletezés közben. [www.researchgate.net/]

– Április 6-án Bad Harzburg településen meghalt *Julius Johann Phillipp Ludwig ELSTER* (*1854) német fizikatanár. Barátjával, *Hans GEITEL*-lel **(14. ábra)** együtt több mint 100 cikket írtak a légköri elektromosságról, az akkor még csak feltételezett kozmikus sugárzásról. Felfedezték az alfa sugarak hatására létrejövő szcintillációt, feltalálták a fotocellát. Az elektromosan töltött részecskéket ők nevezték el ionnak.

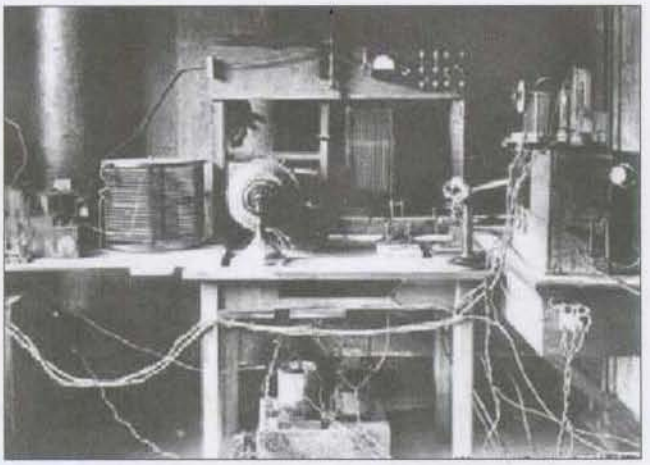
– Május 10-én Short Hillsben (N.J.) meghalt *John Wesley HYATT* (*1837) amerikai nyomdász, az első iparilag előállított műanyag, a celluloid feltalálója (1869). Kísérleteit akkor kezdte, amikor egy New York-i újságban a Phelan and Collender Co. cégnek az elefántcsont billiárdgolyó helyettesítésére kitűzött 10 ezer dolláros díjáról olvasott.

– Május 20-án Montreálban megkezdte rendszeres adásait az első északamerikai professzionális licenccel rendelkező *XWA* (eXperimental Wireless Apparatus) hívójelű műsorszóró állomás 1200 méteren **(15. ábra)**. A Marconi Wireless Telegraph Company of Canada, Ltd. adója híreket, időjárás-jelentést, helyi üzleti információkat közölt, a montreáli üzletekben kapható hanglemezekről játszott be részleteket. A későbbi *CFCF* hívójelű rádió már 440 m-en adott 500 W, majd 2 kW-tal. Többszöri tulajdonosváltás után 2010. január 29-én hallgatott el az akkor már *CINW* „nevű" 50 kW-os 940 kHz-es AM adó.

– Augusztus 20-án, *Lee de FOREST* amerikai rádiómérnök tervei alapján megszólalt a *Detroit News* napilap *8MK* amatőr hívójelű 10 W-os kísérleti kereskedelmi hírszolgálati adója, a *Detroit News Radiophone*. A hírszolgálat részére az újság szerkesztősége biztosította a különböző hírügynökségi jelentésekből, táviratokból összeállított anyagot. Az adó a professzionális *WBL* hívójelet 1921 októberében kapta meg, fél évvel később *WWJ* lett belőle.

– Szeptember 27-én született Temesvárott *BODROSSY Félix* (†1983) filmrendező, a térhatású mozifilm egyik feltalálója. Első, *Artistavizsga* című sztereofilmjét 1952 júliusában mutatták be a budapesti Toldi moziban. (A Bajcsy-Zsilinszky út 36-38. sz. alatti moziban a filmet a székek háttámláján megfelelő magasságba állítható polárszűrőn keresztül kellett nézni. Jelen cikk szerzője még látott ilyen filmet...)

15. ábra. A montreáli Marconi cég rádióadója 1922 körül. [https://todayinottawashistory.files.wordpress.com/]



16. ábra. A *KDKA* 100 wattos adója. [www.kwarc.on.ca/hammond/]

– November 2-án Pittsburg (Pa.) keleti elővárosában, Wilkinsburgban 18 órakor üzembe helyezték az Egyesült Államok első rendszeres üzemű középhullámú kereskedelmi műsorszóró rádióadóját, a *Frank CONRAD* Westinghouse főmérnök által tervezett, ekkor még ideiglenesen *8ZZ* amatőr hívójelű adót **(16. ábra)**. A november 4-től már *KDKA* hívójellel rendelkező állomás 330 m-en, majd három nappal később a 360 m hullámhosszon sugárzott 100 W-tal.

– December 10-én Berlinben meghalt *Friedrich DOLEZALEK* (*1873), az erdélyi Máramarosszigeten született német vegyész, a Berlin-Charlottenburg-i Műszaki Egyetem professzora. Göttingeni egyetemi évei alatt *W. NERNST* professzor segítségével 5 uV érzékenységű fénymutatós kvadráns-elektrométert készített. A Siemens-Halske cégnél kidolgozta a Pupin-tekercsek litze-huzalainak, különleges vasmagjainak ipari gyártását. Az első világháború alatt fülelőkészülékek kifejlesztésén dolgozott. Ezek 1917-ben meg is jelentek a harctereken.

– December 13-án a kenti Shortlands településen elhunyt *Alexander MUIRHEAD* (*1848) skót kémikus. 1875-ben szabadalmaztatta duplex távíró találmányát. Barátjával, *Oliver LODGE*-al 1901-ben alapította a Lodge-Muirhead Wireless Telegraphy Syndicate Ltd.-t távírók, telefonok és szerelési anyagok kifejlesztésére.

– A Német Birodalmi Posta Königswusterhausen-i 5 kW-os ívfénygenerátoros adója 2700 m hullámhosszon december 22-én közvetítette az első zenekari koncertet, melyen a postai dolgozók hegedültek, harmóniumon játszottak, s a belőlük alkotott kórus énekelt. A műsort a hallgatói visszajelzések szerint még az adótól 2000 km-re is hallottak.

200 éve történt

– Március 24-én született Párizsban *Alexandre Edmond BECQUEREL* (†1891) francia fizikus **(17. ábra)**, a róla elnevezett fotoelektromos jelenség felfedezője. Elkészítette a mai napelemek előfutárát, a néhány mikrométer vastag fényérzékeny réteget tartalmazó elektrolitikus fényelemet (1839). Két, ezüst-kloriddal bevont platina elektródát kénsavba merítve, s az egyik lemezt megvilágítva, a lemezek között potenciálkülönbséget tapasztalt.

17. ábra. A. E. Becquerel. [https://library.si.edu/image-gallery/]

– *Hans Christian OERSTED* dán fizikus, kémikus július 21-én publikálta Koppenhágában felfedezését: az áramot vezető huzal mellett elhelyezett iránytű az áram által keltett mágneses tér hatására kitér és a kitérés az áram erősségével arányos. A latin nyelvű közlemény szerint az áramot 20 db Volta-elemből álló telep szolgáltatta. A kísérlet kezdetekor, árammentes állapotban az É-D irányba állított huzal és a tőle kb. 3 cm-re levő iránytű mozdulatlan volt. Áram hatására a mágnestű kb. 45 fokra kitért.

– Augusztus 2-án Leighlin-Bridge településen született *John TYNDALL* (†1893) ír fizikus. Megfigyelte az üvegkádból kifolyó vízsugárban a fény teljes visszaverődését (ennek alapján „működik" az optikai szál). Kimutatta, hogy az égboltot azért látjuk kéknek, mert a napsugarak szóródnak a légkört alkotó molekulákon. Nevét a fény szóródásával kapcsolatos Tyndall-jelenség őrzi.

– *Dominique Francois Jean ARAGO* francia fizikus szeptember 11-én mutatta be a Francia Tudományos Akadémia tagjai előtt az elektromos áram mágneses hatását bizonyító kísérleteit. Demonstrálta, hogy a szolenoidba helyezett lágyvas rúd felmágneseződik a tekercsen átfolyó egyenáram hatására. Ezt a jelenséget – tőle függetlenül – *Humphry DAVY* is felismerte, s erről a Royal Society november 16-i ülésén számolt be.

– *Johann Salomon Christoph SCHWEIGGER* német fizikus, kémikus feltalálta a galvanoszkópot, melyet szeptember 16-án mutatott be a hallei természettudományi társulatban. Az „ős" műszer az ún. Schweigger-féle multiplikátor – téglalap alakú, selyemszigetelésű rézhuzalból készített pár menetes lapos tekercs – felett, ill. belsejében elhelyezett, fonalra függesztett mágnestű volt **(18. ábra)**. Az eszköz lehetőséget teremtett gyenge áramok mágneses hatásának kimutatására.

– *André Marie AMPÈRE* francia matematikus, fizikus kísérletileg megállapította a vezetőkben folyó áramok kölcsönhatását (Ampère-törvény), kidolgozta az elektrodinamikus erőhatás matematikai elméletét, bevezette a villamos áram fogalmát. A Francia Tudományos Akadémia előtt szeptember 18-án számolt be kísérleteiről, majd az október 2-i ülésen megfogalmazta a

18. ábra. Schweigger tökéletesített, kb. 100 menetes galvanoszkópja. [www.international.uni-halle.de/]

19. ábra. Hell Miksa lapp ruhás portréja (1771). [https://docplayer.hu/45631883-Hadobas]

róla elnevezett „csavarhúzó szabályt". Ennek alkalmazásával meghatározható, melyik irányba tér ki a mágnestű északi pólusa az áram hatására.

– *Jean-Baptiste BIOT* és *Félix SAVART* francia fizikusok az év novemberében leírták a vezetőben folyó áram által a tér egy pontjában létrehozott mágneses hatás kvantitatív törvényszerűségeit (Biot-Savart-törvény). A törvényt matematikai alakját Laplace adta meg.

300 éve történt

– Május 15-én Selmecbányán született *HELL Miksa* (†1792) – eredeti nevén Rudolf Maximilian Hell – jezsuita természettudós, császári-királyi csillagász **(19. ábra)**. Német származása ellenére magyarnak vallotta magát. Segítette magyarországi csillagvizsgálók alapítását, az egri, a budai és a gyulafehérvári obszervatórium tervezésében, felszerelésük beszerzésében is részt vett. Kidolgozta a földrajzi szélesség nagy pontosságú meghatározásának módszerét, Sajnovics Jánossal együtt a norvégiai Vardö szigetéről megfigyelte a Vénusz átvonulását a Nap korongja előtt, meghatározta a Nap–Föld távolságot.

– Augusztus 15-én született Párizsban *Jean-Baptiste Le ROY* (†1800) francia fizikus, a Nagy Francia Enciklopédia egyik szerzője. Már 1749-ben elektroszkópot szerkesztett, munkáiban megkülönböztette a pozitív és a negatív töltést.

– Október 16-án Winterhurban született *Johann Georg SULZER* (†1779) svájci természettudós, filozófus **(20. ábra)**. Felfedezte a kontaktpotenciál jelenségét. Két különböző anyagú fémhuzal egyik végét összetekerte, majd a drótok másik végét a nyelvéhez érintette. A huzalok anyagától függően savas vagy lúgos ízt érzett. A kezdő amatőrök „anno" a 4,5 V-os laposelemek feszültségének ellenőrzésére szintén a nyelvüket használták...

400 éve történt

– Ebben az évben, ismeretlen időpontban született a Dijon környéki Til-Châtel településen *Edme MARIOTTE* (†1684) francia fizikus. Nevét a *Robert BOYLE*-tól függetlenül felfedezett gáztörvény, az

20. ábra. J. G. Sulzer. [wikipedia]

21. ábra. Willebrordus Snellius. [www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/]

úgynevezett Boyle-Mariotte-törvény őrizte meg, mely kimondja, hogy állandó hőmérsékleten a gáz nyomása a térfogatával fordítottan arányos. Mariotte felfedezte a szem vakfoltját: a retina a látóideg belépési helye körül nem tartalmaz fényérzékeny idegvégződéseket.

– Július 21-én született La Flèche településen *Jean-Felix PICARD* (†1682) francia csillagász. 1675-ben észlelte, hogy a barométer csövében levő higany összerázásakor a cső parázslani kezdett. A sztatikus feltöltődés okozta jelenségre csak 1709-ben adott magyarázatot Hawksbee.

– Ebben az évben fedezte fel a fénytörés törvényszerűségét *Willebrord Snel van ROYEN* (latinosan Willebrordus SNELLIUS) németalföldi természettudós **(21. ábra)**. A jelenség Snellius-Descartes-törvényként ismert, mivel az egzakt leírást Descartes adta meg (1637).

(E visszatekintés az 1992-es évkönyvünkben megkezdett, azonos című „sorozat" folytatásának is tekinthető. A szövegben *-gal a születési, †-tel a halálozási évet jelöltük. *A szerk.*)

INCOMP *Electronics* Elektronikai alkatrész kis- és nagykereskedelem

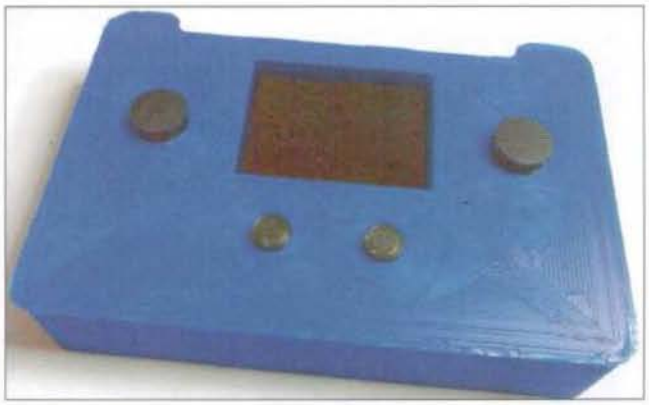
2120 Dunakeszi, Fő út 35. Tel.: 27/342-407 Fax: 27/341-601 E-mail: incomp@dunaweb.hu
Nyitva: hétköznap 9.00–17.00 óráig Postai utánvételes csomagküldés

Raktárról kínálunk többezer féle elektronikai alkatrészt.
IC-k, ellenállások, kondenzátorok, diódák, tranzisztorok, LED-ek, kvarcok stb. nagy választékban, SMD kivitelben is.
RIGOL műszerek disztribúciója **Internet címünkről www.incomp.hu online keresési és rendelési lehetőség!** 2

Kézi játékkonzol

Garad Ágoston
egyetemi hallgató,

garad.agoston@hotmail.hu



Alábbi cikkünk a szakmai újdonságokra érzékenyen fiatal szakember, és a „homo ludens" szerencsés találkozása révén született. Játszani pedig kell –, fogalmazzuk át az örökérvényű hajózási mondást –, mert örömöt okoz. Ha pedig az elektronika készítése is hasonló lelkiállapotba hozza a játszani szerető embert, akkor jön létre pl. a címbéli kis készülék. A szerző berendezésével az Országos Elektronikai Konstrukciós Verseny 2019-re jelentkezett, s pályaművével a második helyezést érte el. (A szerk.)

Az 1977-es(!) decemberi ajándékvásár nagy slágere az elektronikus tévéjáték volt, melyet az akkori VIDEOTON gyártott. A tévéjáték lelke az akkor példátlan újszerűségű, MOS technológiával készült AY3-8500-as IC volt. A bonyolult integrált elektronikával működő készüléket a mai játékkonzolok előfutárának tekinthetjük, s használata ügyességet, jó reflexeket kívánt. Az IC-ből saját kezűleg felépíthető, s valamely UHF tévécsatornára hangolható játékról az RT 1984/5-ös számában olvashatunk. Ezután nagy témafeldolgozási ür keletkezett, s az azóta eltelt közel 40 év alatt sokat változott az elektronika világa (is).

Jelen közleményben egy olyan elektronikai játékot ismertetek, ami a mai elektronikának megfelelően egy mikrokontroller felhasználásával, felületszerelt technológiával készült. Ez egy önállóan használható kisméretű játékkonzol, amely saját kijelzővel és akkumulátorral rendelkezik, a játékprogramokat SD kártyáról futtatja, USB csatlakozóján keresztül pedig számítógéphez csatlakoztatható. A készülék ötlete 2018 nyarán született, amikor is kíváncsiságból, no meg a szakmai fejlődésem céljából elkezdetem egy bonyolultabb eszközt tervezni. Olyan technológiákat alkalmaztam, amilyenekkel még nem vagy csak keveset találkoztam. Ezért az SM alkatrészek, illetve egy 32 bites mikrokontroller. Egyúttal ez volt az első bonyolultabb áramköröm is, ami teljes mértékben saját tervezésű. A tervezéstől az első két prototípus összeszereléséig alig fél év telt el. Mivel főleg a szakmai kíváncsisággal társult tanulás, a fejlődés volt a cél, a projekt során többször is a költséghatékonyabb megoldást kellett választani. A projekt még mindig nincs lezárva, hiszen bár a készülék már működik, és az összes beépített funkciója használható, de már a bővítésére, illetve a továbbfejlesztésére is vannak tervek, melyet a cikk végén ismertetek.

Rendeltetés, használhatóság

A 105×70×30 mm befoglaló méretű játékkonzol elsődleges rendeltetése az erre a konzolra fejlesztett játékprogramok önálló futtatása. Ilyenből jelenleg egy áll rendelkezésre, a többit a vállalkozó kedvű megépítő kedve szerint készítheti el. Másodlagosan a számítógépes kapcsolaton keresztül az ott futó játékok vezérlésére is alkalmas, más külső játékvezérlő helyett. Nem titkolt célja az oktatás területén történő alkalmazás.

A konzolon 4 gomb – kettő az előlapon, kettő a konzol tetején lévő billentyűk alatt található – és 2 joystick szolgál a játékok vezérlésére. Ezenkívül még egy be- és kikapcsoló gombja van. A játékok a beépített kijelzőn kerülnek megjelenítésre. Található még a konzolon egy USB csatlakozó is, mely segítségével a konzol csatlakoztatható számítógéphez, a futtatott program által meghatározott módban. A betöltő program esetében ez USB tároló üzemmód, mely segítségével elérhetjük az SD kártyán tárolt fájlokat. Ezenkívül a konzol aktuális használati módjától függően használható például, mint USB beviteli eszköz (játékvezérlő) vagy mint virtuális soros port, ezt a futó program definiálja és kezeli.

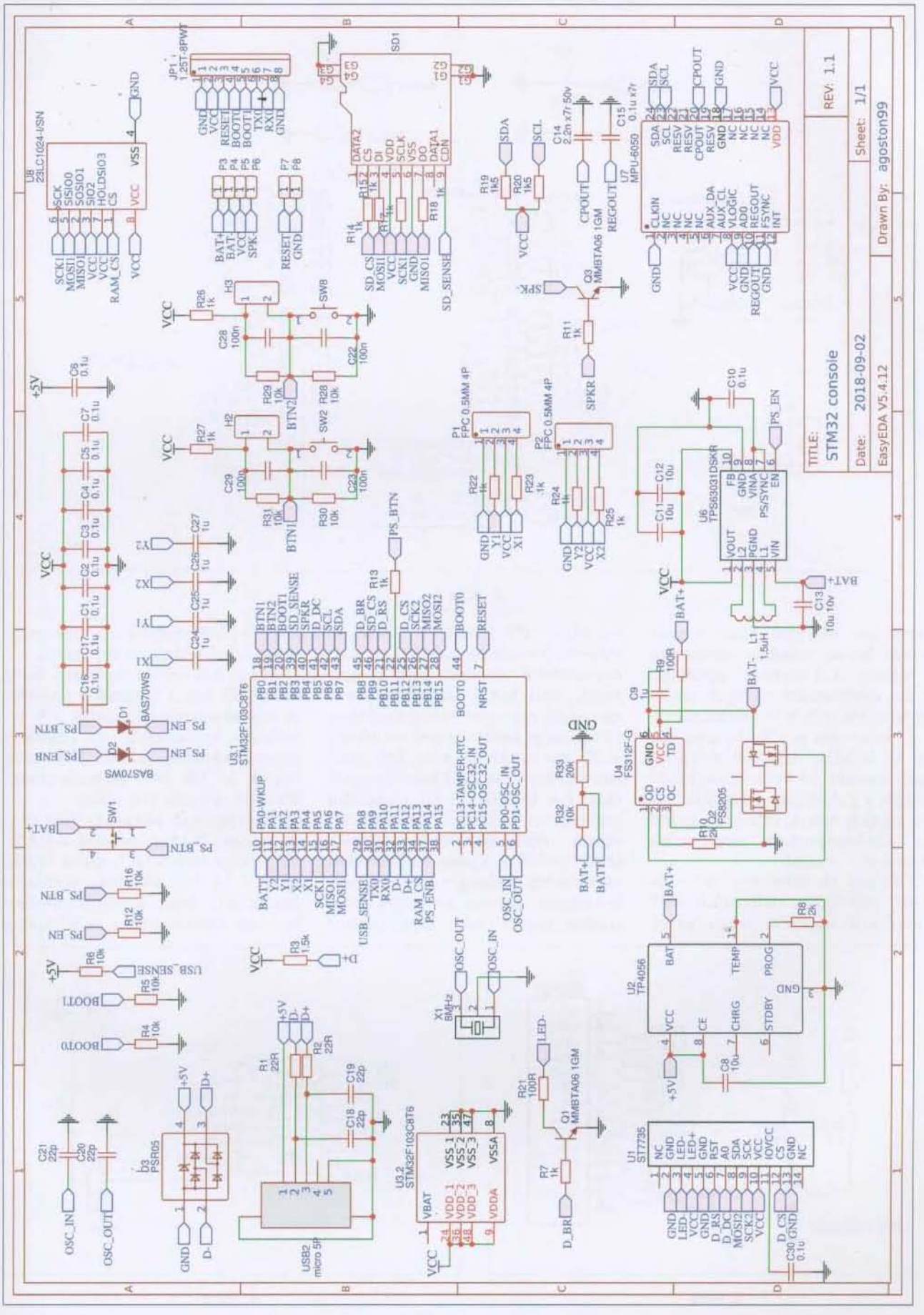
A programok erre a mikrokontrollerre előre lefordított bináris fájlok, melyeket a betöltő program segítségével az SD kártyáról a konzol a belső Flash tárhelyére másolja, majd elindítja. Ezeket a programokat egy számítógépes fejlesztőkörnyezetben kell megírni, majd lefordítani. Lehetőség van persze előre megírt játékokat is futtatni.

A konzol működéséhez nincs szükség számítógépre, ez egy teljesen önálló eszköz. Számítógépes csatlakozási lehetősége csupán a programok feltöltésére szolgál. Persze lehet olyan programot is írni a konzolra, amely kihasználja a csatlakozó egyéb lehetőségeit. Például, a konzol lehet játékvezérlő, így a számítógépen futtatott játékot vezérli. De akár olyan megoldás is elképzelhető, ami bár a számítógépen futó játékot vezérli, a konzol kijelzőjét is használja valamilyen információ megjelenítésére.

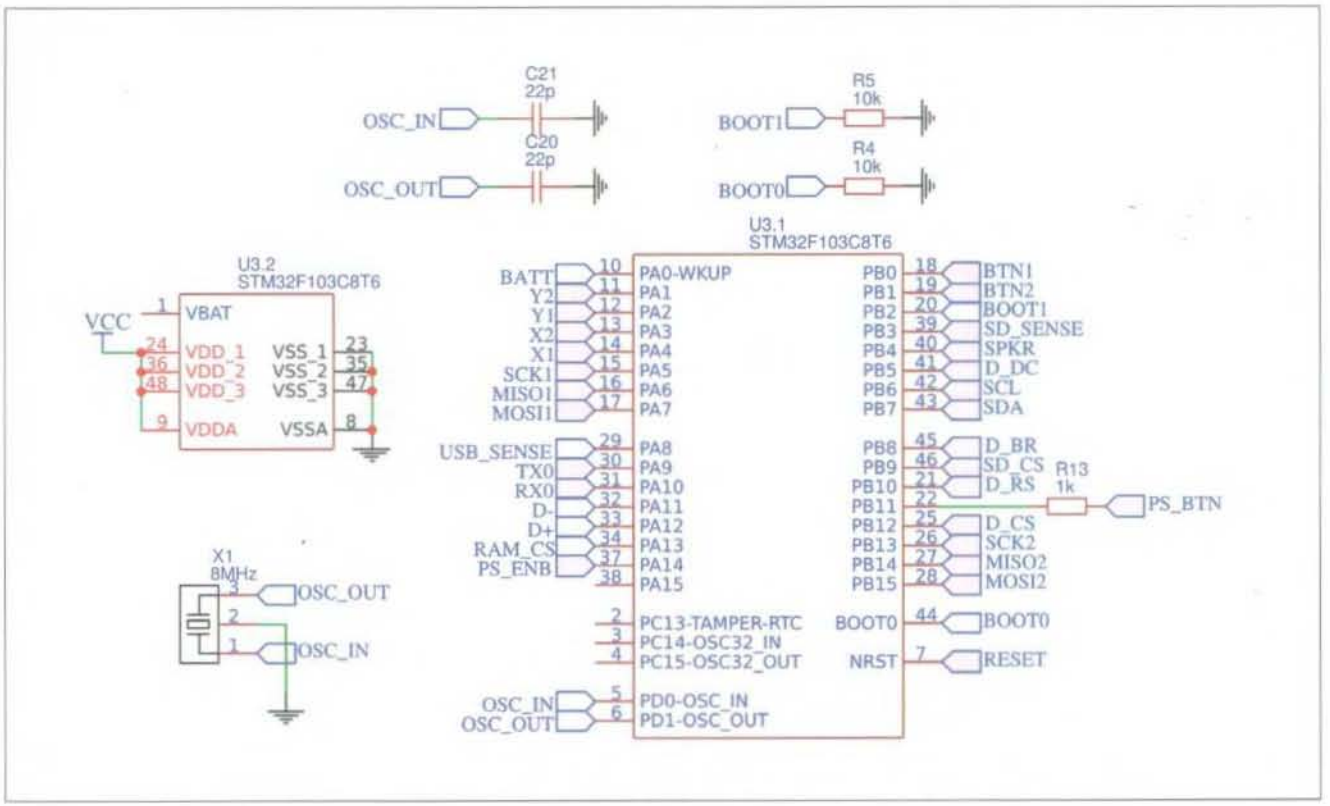
Az áramkör

Az áramkör „tömbösített" kapcsolási rajza az **1. ábrán** látható. Mivel az egyes részegységek „ „összerendezése" az ilyen típusú rajznál nehezen követhető, így az egyes funkcionális egységeket külön bemutatjuk.

Az áramkör legfontosabb része az STM32F103C8T6 mikrokontroller **(2. ábra)**. Ez egy ARM Cortex-M3 architektúrára épülő mikrokontroller. Egy 8 MHz-es kvarcoszcillátor segítségével a beépített PLL jelgenerátor állítja elő 72 MHz-es órajelét.


TITLE:
STM32 console
Date: 2018-09-02
EasyEDA V5.4.12
REV: 1.1
Sheet: 1/1
Drawn By: agoston99

1. ábra



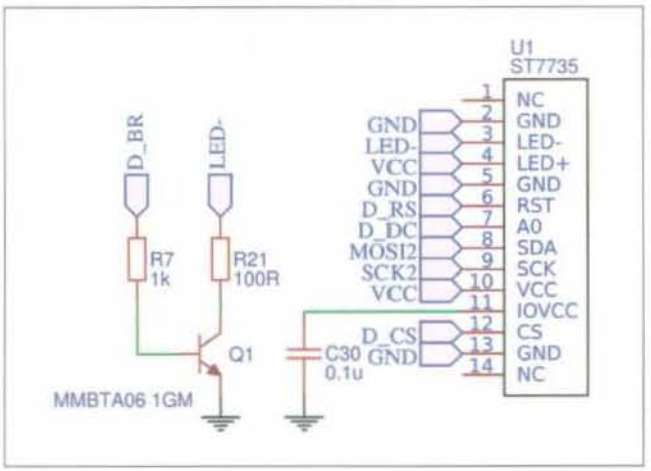
2. ábra

Hivatalosan 64 kbyte Flash memória van benne, azonban elméletileg az összes 128 kbyte-ot tartalmaz, így ezt kihasználtam a projekt során. (Az STM32F103CBT6 mikrokontroller a hivatalosan is 128 kbyte-os verzió, az STM32F103C8T6 fizikailag létező második 64 kbyte-jának hibátlanságát a gyártó nem garantálja. Aki biztosra akar menni, válassza a gyártó által 128 kbyte-osként forgalmazott változatot! – *A szerk.*)

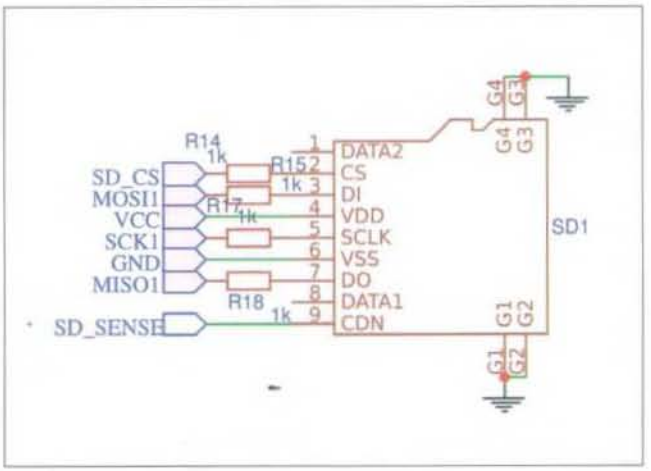
A kijelző **(3. ábra)** egy 1.8" képátlójú 160×128-as felbontású TFT technológiát használó színes panel. Vezérlése SPI interfészen keresztül történik. A vezérlője az ST7735, amihez elérhető könyvtár több programozási nyelvhez is, ráadásul az ára is megfelelő egy ilyen hobbiprojekthez. (A minősége természetesen ezt tükrözi is. Kicsi a betekintési szög, ami fekvő elrendezésnél ráadásul kissé az egyik oldal felé tolódik.) A Q1 tranzisztor segítségével a kijelző fényereje állítható impulzusszélesség modulált (PWM) jellel. A kijelző működéséhez mindenképp szükséges bizonyos háttérvilágítás, így ezt az összes programban meg kell adni. Tapasztalatom alapján 50-60 százalékos kitöltés megfelelő minden fényviszony esetén.

A készülékbe épített foglalat **(4. ábra)** Micro SD kártya fogadására alkalmas. A mikrokontrollerrel szintén SPI interfészen kommunikál. Az 1 kohmos ellenállások az áramkör ESD védelmét végzik. A CDN láb a kártya jelenlétét érzékelő kapcsoló kivezetése.

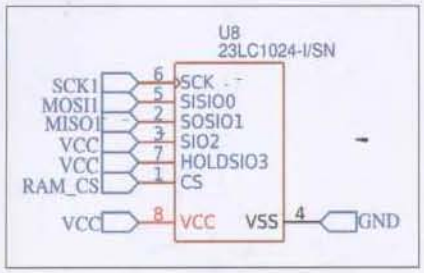
A memória **(5. ábra)** egy 1024 kbites, vagyis 128 kbyte-os Statikus RAM. Ez a programok által használt fájlok, vagy a kijelző adatainak tárolására használható. Mivel a mikrokontrollerben csak kettő található, az SD kártya



3. ábra



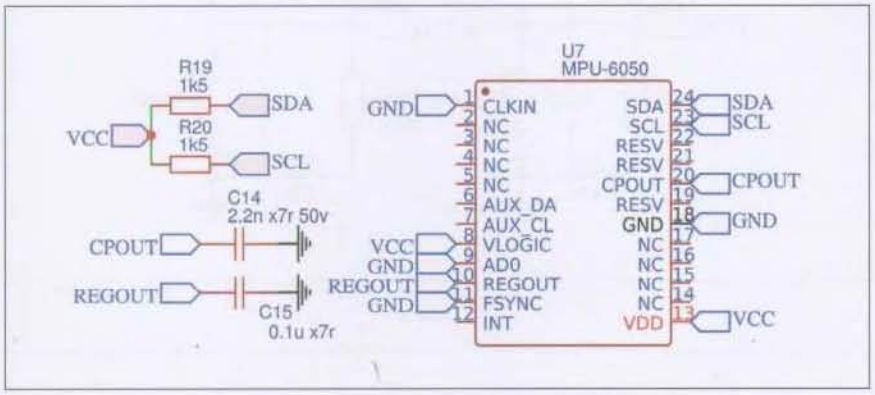
4. ábra



5. ábra

sulás- és szögelfordulásmérő **(6. ábra)**. A mikrovezérlővel I2C interfészen keresztül kommunikál. Az IC-ből kiolvashatóak a szenzorok feldolgozatlan, „nyers" adatai, de a beépített DMP (Digital Motion Processor) segítségével feldolgozásra is kerülhetnek, még a kiolvasás előtt.

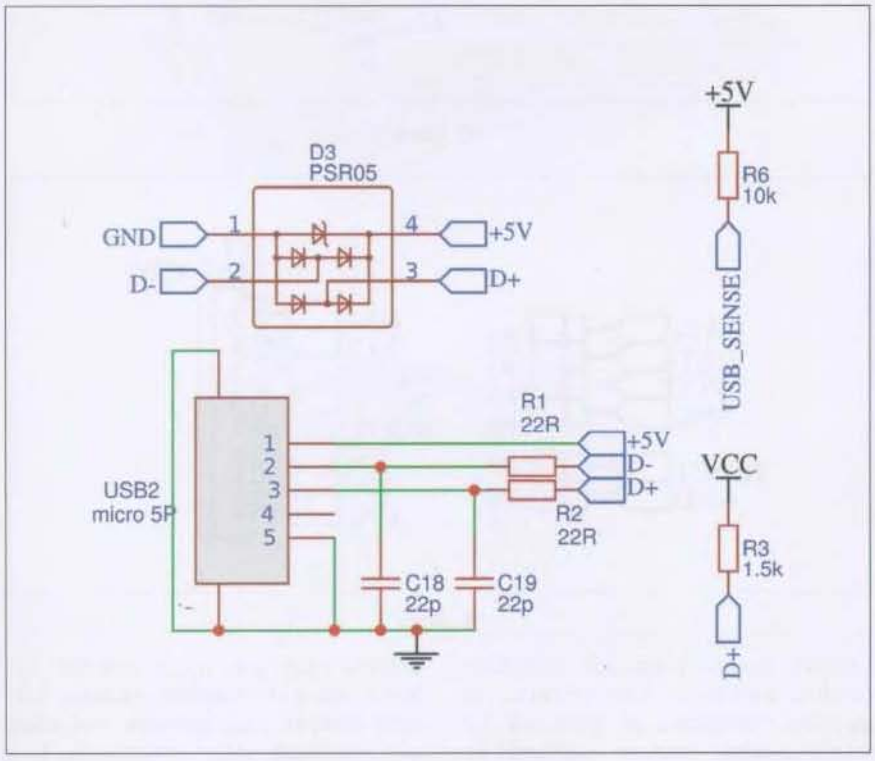
Az áramkör számítógéphez csatlakoztatása **(7. ábra)** egy Micro USB csatlakozón keresztül lehetséges.



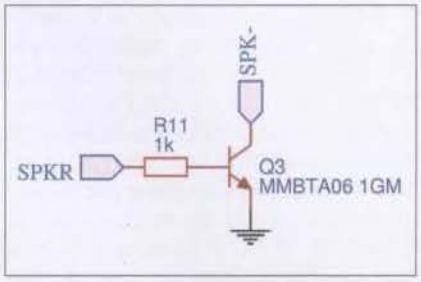
6. ábra

által is használt SPI interfészen keresztül csatlakozik, lehetővé téve így a kijelző frissítését a memóriából az adatok folyamatos írásával és olvasásával.

A konzol forgatásával való vezérlést teszi lehetővé az MPU-6050 gyorsulásmérő. A mikrokontroller beépített USB vezérlő áramköre lehetővé teszi az USB akár több különböző módon történő használatát is. (Pl. tároló vagy játékvezérlő.) A PSR05 szupresszor diódahálózat az áramkör ESD védelméről gondoskodik. Az USB 5 V-os



7. ábra



8. ábra

tápfeszültségét a mikrokontroller egy 5 V toleráns bemenetére is rákötöttem R6-on keresztül, így érzékelhető, ha az eszközt csatlakoztatták a számítógéphez.

A hangszóró működtetését a Q3 tranzisztor végzi **(8. ábra)**. Nincs szükség nagy kimenő teljesítményre, így ez a megoldás bőven elegendő. A hangszóró + kivezetése a tápfeszültségre van kötve.

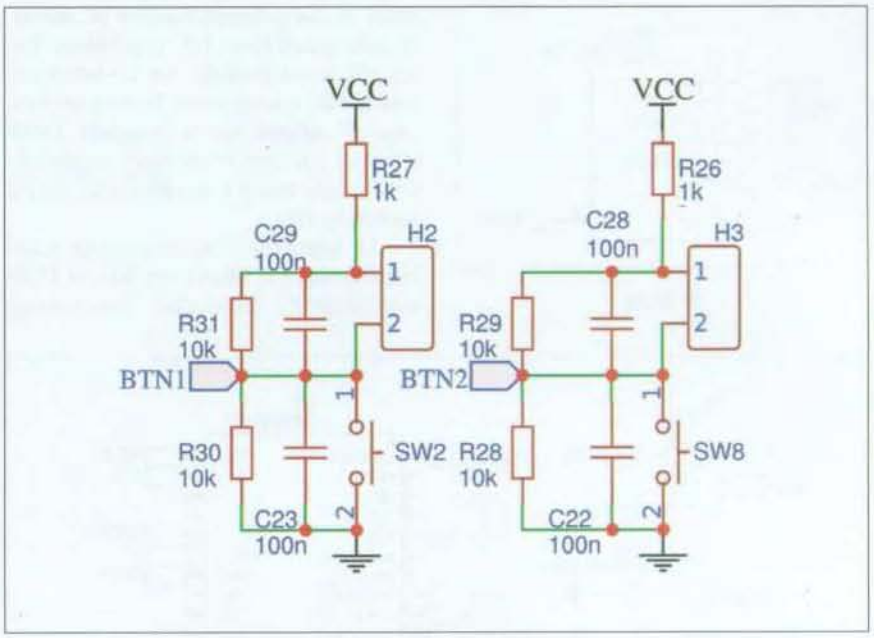
A felső gombok, melyek a billentyűk alatt találhatóak **(9. ábra)** a nyákra merőlegesen vannak a házban, így azokat vezetékkel kell bekötni a H2 és H3 csatlakozópontokra. A tervezés során elfogytak a kivezetések, így a képen látható megoldás mellett döntöttem. Az analóg-digitális konverter segítségével olvasható a gombok állapota. A kondenzátorok a kapcsolók pergésmentesítését szolgálják.

A Sony Playstation Portable által használt joystick **(10. ábra)** a mérete miatt tökéletes választás volt a projekthez. A bemenetekre RC szűrőt is tettem a kevesebb zavar érdekében.

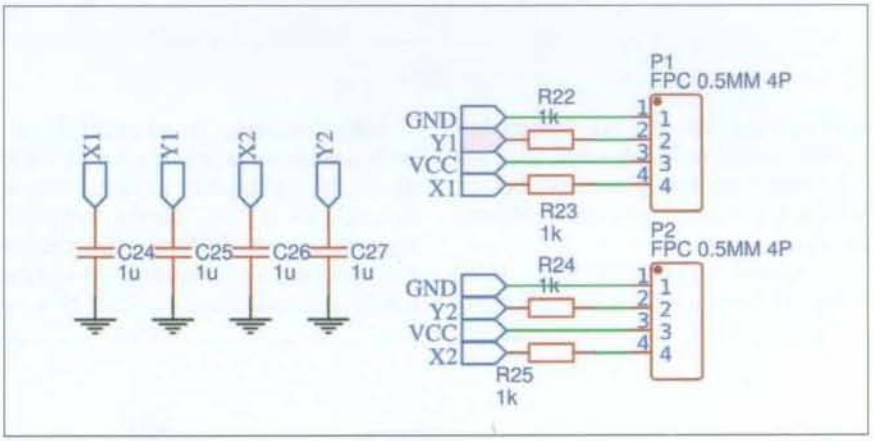
Az akkumulátor és a hangszóró 1–1 pár csatlakozóponton keresztül **(11. ábra)** csatlakoztatható az áramkörhöz. A 8 tűs csatlakozó az áramkör fő programjának a betöltésére, később pedig az áramkör esetleges bővítésére alkalmas. A RESET csatlakozó pedig egy, a készülékházban elrejtett gomb bekötésére alkalmas, mely a konzol szoftverének lefagyása esetén lehetővé teszi az újraindítást **(12. ábra)**.

A bekapcsoló gomb megnyomása esetén az akkumulátor feszültsége rákerül a feszültségkonverter engedélyező bemenetére. A mikrokontroller elindulása után a program magas szintet ad a PS_ENB kimenetre, ez pedig bekapcsolva tartja az áramkört a gomb elengedése után is. A gomb lenyomása egyúttal jelet küld a mikrovezérlőnek is, így a programban is használható például kikapcsolásra vagy a kikapcsoló menü megjelenítésére. Az akkumulátor töltéséről

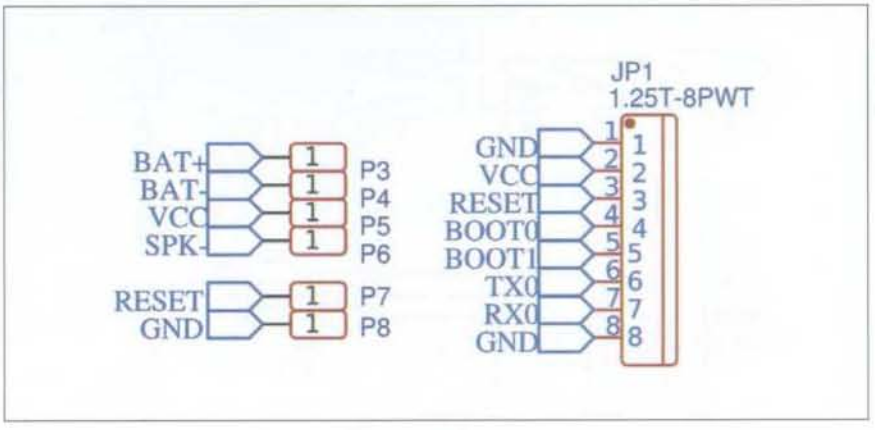
a TP4056 IC gondoskodik **(13. ábra)**. Ez az USB 5 V-os tápfeszültségéről működik. A 2 kohmos ellenállás 580 mA-ben maximalizálja a töltőáramot, így az 1000 mAh-s akkumulátort biztonságosan tölti. Az FS312F-G IC biztosítja az akkumulátor túltöltés-, túlmerítés- és túláramvédelmét. A TPS63031 DC-DC konverter IC egy buck és boost üzemmódban is működni képes feszültségkonverter. Erre azért van szükség, mert az alkalmazott Lítium-Polimer akkumulátor 4,2 és 3,0 V között működik, a tápfeszültség pedig 3,3 V. A konverter 500 mA áramot képes biztosítani az áramkörnek. Az 1. ábrán látható még egy kondenzátorblokk is. Ezek a kondenzátorok a tápfeszültségben megjelenő zajok kiszűrését szolgálják. Minden IC, illetve csatlakozó mellé került legalább egy a nyákon.



9. ábra



10. ábra



11. ábra

A szoftver

Fejlesztőkörnyezet

A mikrokontrollerre C nyelven lehet programot írni. Erre több különböző fejlesztőkörnyezet áll rendelkezésre. Először az Atollic TrueStudio programot választottam. Ezekben a programokban az STMicroelectronics által kiadott HAL (Hardware Abstraction Layer) nevű függvénykönyvtár segíti a mikrovezérlő programozását. Itt azonban problémába ütköztem. Az SD kártyával való kommunikációra és a FAT32 fájlrendszer írására/olvasására szolgáló FatFS könyvtár számára szükséges ki/bemenet leíró fájlok csak SDIO interfészhez adottak, az általam választott SPI-hez nem, és ennek megírása meghaladta volna programozási tudásomat.

Ekkor döntöttem úgy, hogy az általam már ismert és használt Arduino fejlesztőkörnyezetben is megpróbálom a mikrokontroller programozását. Ehhez elérhető egy STM32duino nevű könyvtárcsomag, melyben minden szükséges könyvtár megtalálható. Itt az SD kártya is azonnal használható volt. Pár módosítást igényelt ugyan a könyvtár, de ez csak a programozás kényelmét szolgálja. Azok számára, akik most ismerkednének a témával: Az Arduino fejlesztő környezet egy viszonylag egyszerű környezet Arduinora szánt C nyelvű programok fejlesztéséhez. Ennek megfelelően a szokásos könyvtárakon kívül tartalmazza az Arduino kártyák összes elemének működtetéséhez szükséges könyvtárakat, és ugyanez mondható el igen sok kívülről csatlakoztatható eszközről is. (A struktúra nyitott: további könyvtárak – akár más mikrovezérlők, illetve azokkal felépített Arduino jellegű kártyák támogatására szolgálók is – hozzáadhatók. Ezt használta ki a szerző. – *A szerk.*)

A programok felépítése

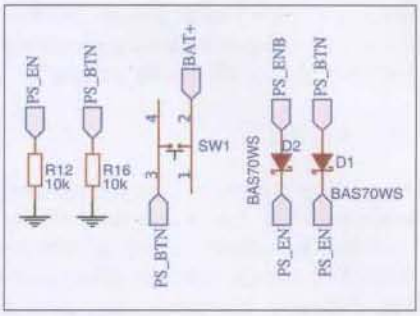
Ahogy már korábban is említettem, mivel az STM32F103C8T6 mikrokontroller a szoftveres azonosítóját leszámítva megegyezik a nagyobb memóriájú, STM32F103CBT6 verzióval, így a hivatalos 64 kbyte helyett jó eséllyel 128 kbyte áll rendelkezésünkre. Persze a tervezés során tervezhettem volna ezzel a mikrokontrollerrel, de először elégnek gondoltam a kisebb memóriát. Erről a sajátosságról csak később olvastam, ekkor döntöttem a kihasználása mellett. Több internetes fórumon is olvastam a témáról, és még csak néhányan találkoztak olyannal, aminél ez nem működött volna.

A 128 kbyte memóriát két részre osztottam. Az első 32 kbyte területen egy betöltő program fut, ami az SD kártyáról kiválasztott fájlt betölti a következő 96 kbyte-nyi területre, majd azt elindítja. Így egyszerűen lehet váltani több futtatott program között. Ehhez a két szoftverhez hoztam létre két módosítást az STM32duino könyvtárban. Az „STM32 console user software" opció az utóbbi 96 kbyte-os, az „STM32 console program loader" pedig az előbbi 32 kbyte-os terület programozását teszi lehetővé. Ez a módosított könyvtár, néhány példaprogrammal, illetve a kapcsolási rajz és a nyákterv a *Rádiótechnika* honlapján lesz elérhető.

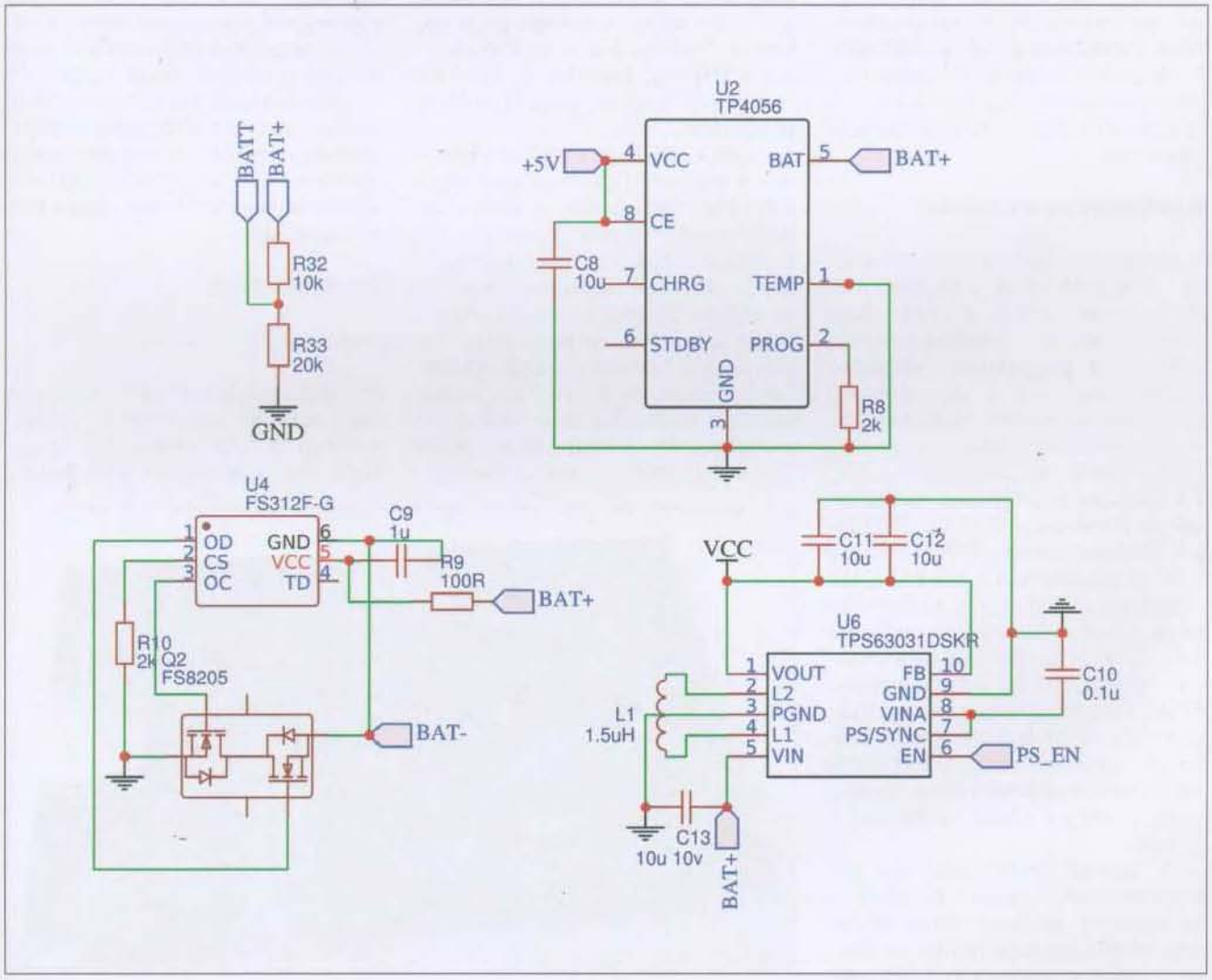
Kivitelezés

A nyomtatott áramkör

A nyák-rendelést a JLCPCB nevű kínai cégtől terveztem, mert nagyon olcsó a gyártásuk a megfelelő beállításokkal, és kíváncsi voltam a minőségére. Ugyanennek a cégnek van egy alkatrész webáruháza is, az lcsc.com, ahonnan rendelve két csomag szállítása egyben is megoldható, így pedig csökkenthettem a költségeken. A cégnek van egy tervezőprogramja is, melyből a nyákterv és az alkatrészlista exportálható egy-egy megrendelésbe a webáruházaikba. Ennek a programnak EasyEDA a neve. A használata egyszerű, és bár egy professzionálisabb programhoz képest kevés elérhető funkciója van, a tervezéshez nekem megfelelt. A végleges nyákterv és annak beülteté-



12. ábra



13. ábra

si rajza a **www.radiovilag.hu** honlapról, ezen Évkönyv tartalomjegyzékénél letölthető **14.** és **15. ábrán** látható.

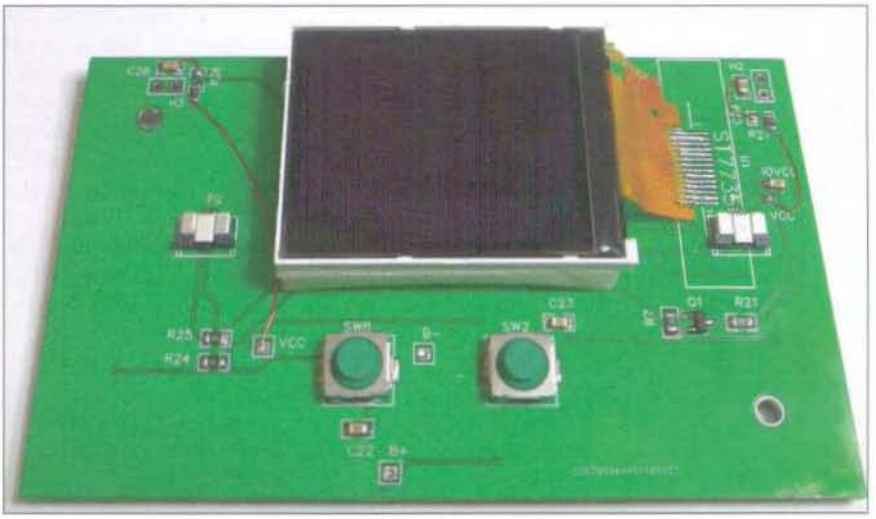
Összeszerelés

Az első prototípust forrasztópákával készítettem el. Ezt már a tervezéskor figyelembe vettem, ezért alkalmaztam 0805 méretű passzív alkatrészeket. Ebben a verzióban még nem a valódi, oda tervezett gombok voltak, nem tartalmazta a RAM-ot és a gyorsulásmérőt sem. Végül aztán a második prototípus **(16., 17. ábra)** elkészítése előtt beszereztem egy forrólevegős forrasztóállomást, amely sokkal szebbé és egyszerűbbé tette a forrasztásokat. Ennél az összeszerelésnél már figyelembe vettem az ezzel párhuzamosan tervezett készülékház felépítését is, így például a kijelzőt depron hab segítségével megemeltem. Az áramkör alakja és felhasználása miatt egy egyedi házat igényel, így ezt saját terveim alapján, 3D nyomtatással készítettem el (ld. a **címfotót**). E tekintetben bízom az utánépítők leleményességében, így számtalan – a bemutatottól eltérő – kiviteli forma is lehetséges.

A játékkonzol tesztelése

A játékkonzol már összeszerelés közben is tesztelhető. A mikrokontroller (és a hozzá tartozó passzív alkatrészek), néhány szűrőkondenzátor, valamint a programozó csatlakozó beforrasztása után a mikrokontroller helyes működése tesztelhető is. A legegyszerűbb eszköz ehhez egy USB – soros port átalakító. Az RX, TX (ezek az ellentéteshez csatlakoznak az átalakítón), VCC és GND lábak bekötése mellett a BOOT0 lábat a VCC-re csatlakoztatva, a RESET láb pillanatnyi földelése után a kontroller belső, UART bootloader szoftverét indítjuk el. A teszteléshez több szoftver rendelkezésre áll, például a gyártó STM32CubeProg szoftvere vagy akár az Arduino környezet a megfelelő csomagok telepítése után. UART/soros port feltöltést kell választani, ezután pedig bármilyen kóddal tesztelhető a feltöltés.

A konzol rendelkezik egy akkumulátorvédő áramkörrel, mely a tervezéséből adódóan összeszerelés után lehetséges, hogy letiltja a működést. Ebben az esetben az USB csatlakozón keresztül 5 V csatlakoztatásával és a töltés megkezdésével az áramkör visszatér normál működési körülmények közé.



16.ábra

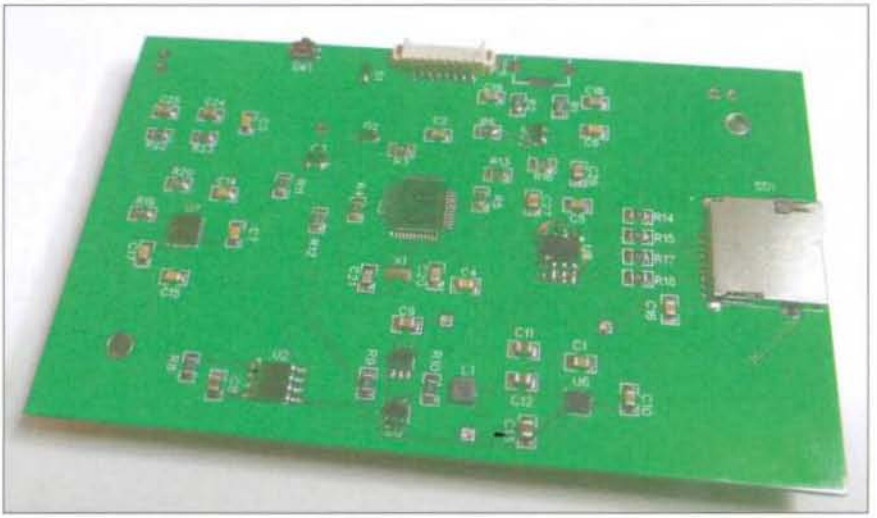
Ha az összeszerelt konzolra a programozó csatlakozón keresztül feltöltésre került a betöltő program, erre a csatlakozóra a továbbiakban nincs szükség, innentől az SD kártyáról indíthatók az előre lefordított programok.

Azon kívül, hogy a projekt elkészítése a szakmai kitekintésemhez nagymértékben hozzájárult, a konzolnak lehet mások számára is hasznos felhasználási módja. A fiatalok programozás-oktatását megkönnyíthetné ez az eszköz. Hiszen míg a számítógépes, magas szintű programozásra már sok jó oktató szoftver létezik, a külső hardver eszközök kezelésének elsajátításához viszonylag kevés eszköz áll rendelkezésre. Vannak erre kitalált fejlesztőpanelek, de azoknál több építésre, elektronikai tudásra van szükség. Ezen segíthetne ez a játékkonzol, hiszen a viszonylag könnyű Arduino fejlesztőkörnyezet, és az ehhez elérhető nagy mennyiségű oktató anyag segítségével könnyen és játékosan tanítaná meg a mikrokontrollerek programozását anélkül, hogy komolyabb elektronikatudást igényelne. Emellett pedig a hardver működésébe is bepillantást nyerhetnek, hiszen több ismert interfész (USB, UART, I2C, SPI) működésével ismerkedhetnek meg a kezdő érdeklődők.

További tervek

Szoftveres továbbfejlesztés

A betöltő programot több programozási tudással valószínűleg hatékonyabban is meg lehetne írni, így az adott memóriaterületre több funkció



17. ábra

férne el. Esetleg az optimalizálással csökkenthető lenne a kód mérete, és így több hely maradna a felhasználói programoknak.

Hardveres továbbfejlesztés

A jelenlegi áramkör bővítésének tekintetében az áramkör prototípusának elkészítése után, az egyik volt tanárom hívta fel a figyelmemet fontos funkcióra, ami hiányzott az áramkörből. Ez pedig a vezeték nélküli kommunikáció. Nem sokkal később, már meg is voltak a terveim ennek a pótlására. Az áramkörbe beépített programozó csatlakozót csak egyszer, a betöltő program feltöltésekor használom, majd onnantól nem, ráadásul mivel fekvő csatlakozó, nem is lehet hozzáférni. Ha ezt a csatlakozót egy álló csatlakozóra cserélem, akkor viszont már is hozzáférhető, és lehetővé teszi az áramkör bővítését. Ezen a csatlakozón ugyanis egy UART, illetve a csak induláskor szükséges BOOT0 és BOOT1 IO lábak találhatók. Erre a csatlakozóra csatlakoztatni lehet egy WiFi, vagy Bluetooth modult, esetleg egy olyan mikrokontrollert, mely mindkét szabványt képes kezelni. Ilyen például az ESP32, ami kis mérete miatt el is férne a készülékházban. A WiFi kommunikáció például többjátékosos játékokat, vagy online szoftverfrissítést tenne lehetővé. A Bluetooth kapcsolat pedig programok/játékok megosztását, vagy egyéb eszközökhöz (például laptop vagy okostelefon) való kapcsolódást tenne lehetővé.

Új áramkör építése, más áramköri struktúra kialakítása is terveim között szerepel, melyet a későbbiek folyamán szeretnék is megvalósítani. Például az univerzális SPI busz helyett minden részegység a lehető leggyorsabb interfészen kommunikálna a mikrokontrollerrel. Az SD kártya az SDIO interfészen, a memória hagyományos, cím- és adatbusz segítségével (ha szükség lenne ilyen beépítésére), a kijelző pedig egy 8 vagy 16 bites párhuzamos interfészen.

Emellett a gomboknál elkerülném az itt alkalmazott analóg olvasásos 3 logikai szintű megoldást, és a gombok egy mátrixból kerülnének beolvasásra. A hang generálásához egy tranzisztor helyett egy erre kitalált I2S interfészen kommunikáló DAC-t használnék. Ezekhez a fejlesztésekhez azonban természetesen szükség lenne egy nagyobb tudású és több kivezetésű mikrokontrollerre. A megszerzett tudásom miatt most is az STM32 családból választanék, azonban valószínűleg az STM32F7 szériából. Ezekkel a fejlesztésekkel a költségek is nőnének, azonban egy sokkal professzionálisabb, jobban működő eszköz lenne a végeredmény.

Végszó

Az elmúlt 40 évben sokat fejlődött az elektronika, és ezzel együtt az elektronikai játékok is. Mivel ez az áramkör egy kezdő kis költségvetésből épült műve, azok a lehetőségek, melyeket a mai technológia lehetővé tesz, még ennél is előrébb mutatnak. Szeretnék köszönetet mondani *Nagymáté Csaba* és *König Imre* mérnök uraknak, akik a segítsége nélkül e cikk nem jöhetett volna létre.

LOMEX
ELEKTRONIKAI ALKATRÉSZKERESKEDELEM
1134 Budapest, Lehel utca 17.

Nagykereskedelem
telefon: +36-1 349-5906
fax: +36-1 320-3292
honlap: www.lomex.hu
e-mail: info@lomex.hu
nyitva tartás:
hétköznap 9:00 - 17:00

Szaküzlet (kisker)
telefon: +36-1 320-2610
fax: +36-1 320-3292
e-mail: szakuzlet@lomex.hu
nyitva tartás:
hétköznap 9:00 - 17:00

Webshop
telefon: +36-1 237-1639
honlap: www.lomex.hu
e-mail: webshop@lomex.hu

A digitális CMOS áramkörök 2000-2020 között

Dr. Madarász László okl. villamosmérnök, madarasz@3lan.hu

A CMOS elektronika kialakulását, első 30 évének történetét sorozatunk első részében [1] mutattuk be. Követtük a MOSFET-ek megszületésének útját, a komplementer kapcsolástechnika kialakulását, majd a CMOS megoldás terjedésének folyamatát a kis- és nagy integráltságú digitális IC-kben.

Az alábbiakban megvizsgáljuk, hogyan fejlődött tovább a CMOS technológia a következő 20 évben, azaz a 21. század első két évtizedében. A most olvasható fejezetekben tehát korunk CMOS IC-it vizsgáljuk meg, a közelmúltban és a napjainkban tapasztalható változásokat, jelenségeket ismertetjük. Az áramköri technológia fejlődését elsősorban továbbra is a nagy integráltságú (LSI) áramkörök gyártástechnológiájának alakulásán keresztül lehet megfigyelni, azon belül is kiemelkedően a processzoroknál. Az áramköri struktúra bonyolultságának, hatékonyságának fokozódását lehetővé tevő alapvető események a legkisebb építőelemek, az IC-ket felépítő tranzisztorok újabb és újabb megoldásai, ezek tehát a legfontosabb tényezők. Ugyanakkor a mai processzorok teljesítménye különleges strukturális megoldásoknak is köszönhető, így ezekre is ki kell térnünk.

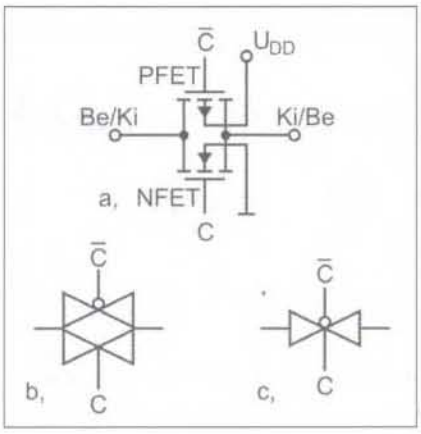
Bemutatjuk azt a rendkívül dinamikus fejlődést, amit a CMOS processzoroknál tapasztalhatunk, a fejlődés törvényszerűségeire is kitérünk, valamint a folyamatos teljesítménynövekedést kiváltó hatásokra is. Megismerjük a CMOS technológia hatékonyságának növekedésére vonatkozó egyik alapvető törvényszerűséget, amit az 1960-as években *Gordon Moore* fogalmazott meg, azaz a *Moore-törvényt*, valamint a törvény által megkívánt méretcsökkentéshez vezető technológiai megoldásokat, a tranzisztorok skálázását (scaling).

A sorozat harmadik részében terveink szerint összefoglaljuk majd, hogy a CMOS IC-k tranzisztorait a következő években milyen módon lehet még továbbfejleszteni, meddig lehet a méretcsökkentést folytatni. Megvizsgáljuk, hogy a legnagyobb gyártók és kutatóintézetek milyen jövőt jósolnak ennek a technológiának, s esetenként milyen áramköri megoldásokat javasolnak, ha a CMOS elektronika tovább már nem fejleszthető.

1. A CMOS vált a 2000-es évek digitális IC-inek általános áramköri technológiájává

A CMOS fejlődésének első 30 évét itt most nem kívánjuk még röviden sem összefoglalni, csak a tényt rögzítjük ismételten: 2000-re a digitális IC-knél, a memóriáknál, a processzoroknál gyakorlatilag kizárólagossá vált a CMOS áramköri technológia használata (pontos kimutatások szerint ekkor már a digitális integrált áramkörök 96-97%-a CMOS). Az első részben megismertük a MOSFET-eket, a komplementer áramköri elrendezést, a logikai elemek, kapuk kialakításának lehetőségét, a CMOS útját a megjelenéstől az egyeduralkodóvá válásig.

A különféle LSI áramkörök logikai hálózatokból állnak, melyeket a megismert kapukból lehet felépíteni. A nagy kapacitású memória IC-kben (DRAM, Flash IC-k) az adattárolásra használt részletek ma már többnyire bitenként egy-egy, különlegesen kialakított tranzisztort tartalmaznak, ezek kezelését, vezérlését azonban itt is CMOS logikai áramkörök valósítják meg. A SRAM áramkörökben a biteket tároló egységek, a bitcellák is CMOS kialakításúak. Van azonban egy olyan alapelem a CMOS áramköri rendszerekben, amit korábban csak megemlítettünk, de a korszerű áramkörtervezésben jóval nagyobb a szerepe: az analóg, kétirányú kapcsoló. Most kicsit részletesebben foglalkozunk az analóg kapcsolóval, ami ebben az új szerepkörben transzmissziós kapu nevet kap majd.



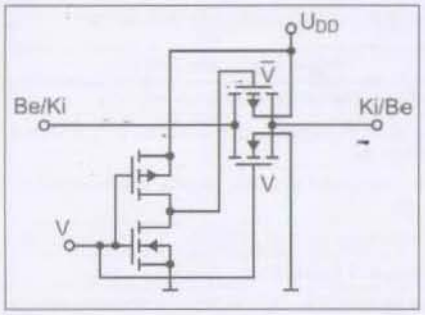
1. ábra

Az 1. fejezet második részében a CMOS áramköri megoldásokat összehasonlítjuk a másik nagy építési megoldással, a TTL elektronikával. Az összevetésből kiderül majd, miért a CMOS került ki a két IC építési lehetőség közül győztesen. Ugyanakkor vannak a TTL megoldásnak olyan előnyös tulajdonságai is, amiket a mai IC-k tervezői esetenként kihasználnak.

1.1. A transzmissziós kapu, mint logikai építőelem

A két, eltérő jellegű MOSFET-ből kialakítható kétirányú analóg kapcsoló (**1.a ábra**) a jelútba sorosan bekapcsolható, igen jó minőségű „szelep". Ha a *C* vezérlőjel **H** szintű, akkor mindkét tranzisztor csatornája teljesen felépül, a bemeneti-kimeneti pontok között (kis értékű) ohmos ellenállásként viselkedik az áramkör, a bemenetére vezetett jel a kimenetén is megjelenik. A $C = \mathbf{L}$ szintű vezérlés hatására mindkét tranzisztor lezár, a bemeneti-kimeneti pontok között gyakorlatilag szakadás alakul ki. A bekapcsolt áramkör esetében a „szelep" mindkét irányban használható, bármelyik jelcsatlakozása lehet bemenet, a másik a kimenet. A kapcsolón átvezetett jel akár digitális, akár analóg is lehet. Az egyetlen megkötés az, hogy a kezelt jel az U_{DD} és a *GND* (*0, test*) közötti feszültségtartományból nem léphet ki.

A korszerű digitális IC-kben logikai elemként is használják ezt a kapcsolást, ilyen esetben transzmissziós kapunak

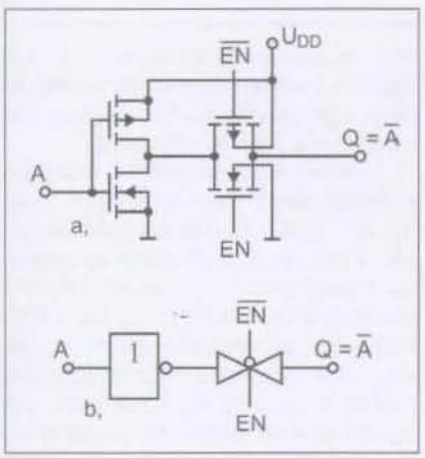


2. ábra

(Transmission Gate, TG) nevezik, alkalmazási lehetőségeire rövidesen bemutatunk néhány példát. Az integrált áramkörök logikai részleteinek kapcsolási rajzain a TG-t két logikai jellel is szokás ábrázolni, ezeket az **1.b** és az **1.c ábra** mutatja be.

A kis- és közepes integráltságú IC-sorozatokban önálló logikai egységként is megjelenik az analóg kapcsoló. Ezekben az IC-kben a kétirányú analóg kapcsolót egy inverterrel egészítik ki, ami a „szelep" komplementer vezérlőjel-párosát állítja elő (**2. ábra**). Az ábra jelölései szerint a *V* vezérlőjel **H** szintje esetén vezet a kapcsoló, az **L** szintű vezérlőjel hatására megszűnik az átvezetés a bemeneti és kimeneti pontok között.

Az LSI IC-kben sok logikai fokozat csatlakozik belső buszvezetékekre. A logikai egység kimenetének ilyen esetben háromállapotúnak (TS) kell lennie. A *TS* kimenet aktív, működő helyzetében a két megszokott logikai szintet tudja előállítani, a buszvezetékhez vezetni, azaz az **L** vagy a **H** szintet. Ha a vezérlőjele útján a *TS* kimenetet harmadik, lebegtetett állapotba kapcsolják, azaz inaktív helyzetbe, akkor ez a kimenet gyakorlatilag leválik a buszvezetékről. A logikai elemeket magukat is meg lehet úgy tervezni, hogy a kimenetük háromállapotú legyen, de a TG segítségével bármely kimenet átalakítható TS jellegűvé. A **3. ábrán** látható módon a normál logikai egység (itt pl. egy inverter) kimenetére sorosan rákapcsolunk egy Transzmissziós Gate-et, amit a kimenet állapotvezérlő jelével (itt *EN*) lehet aktív vagy inaktív helyzetbe állítani. A buszvezetékre a *Q* pont csatlakoztatható. Ha az *EN* jel **H** szintű, az *A* bemeneti jel negáltja jelenik meg a buszvezetéken, azaz a TS kimenetű egység aktív állapotú. Az inaktív, passzív helyzetet kiváltó *EN* = **L** vezérlőjel esetében az alap inverter kimenete és a *Q* pont között gyakorlatilag szakadás lép fel. A **3.a ábrán** a részletes kapcsolás látható, a **3.b ábrán** a logikai rajzjelek alkalmazása.

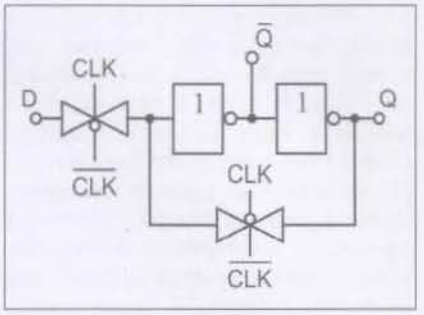


3. ábra

Az LSI áramkörökben általában igen nagyszámú Transzmissziós Gate-et alkalmaznak, ezek egy-egy csoportjánál a vezérlőjelek azonosak, azaz az ott levő TG-k szinkronban működnek. Ilyenkor általában órajelként (*CLK*) kezelik ezeket a jeleket. A *CLK* jeleket előállító generátorok természetesen egyúttal a *CLK* negált jelét is előállítják, hiszen minden TG megkívánja a komplementer vezérlőjel-párost.

Ha egy összetettebb logikai áramköri részletben pl. egy olyan D tárolóra van szükség, amelyik az órajel **H** szintjénél átlátszó (transzparens), és a lefutó élnél tárolódik el a befogadott bit értéke, a **4. ábrán** látható megoldást lehet alkalmazni. Ha *CLK* = **H**, akkor a *D* bemenőjel a *Q* kimeneten folyamatosan megismétlődik (ez a tároló átlátszó állapota). Amikor a *CLK* **H**-ról **L** szintre vált, a bemeneti TG kikapcsol, a visszacsatoló pedig nyit, így az éppen a kimeneten levő *Q* érték a két sorba kapcsolt inverter bemenetére is rákerül, azaz tárolódik. Ez az egyszerű kis kapcsolás a *Q* jelen kívül annak negált értékét is előállítja, tárolja.

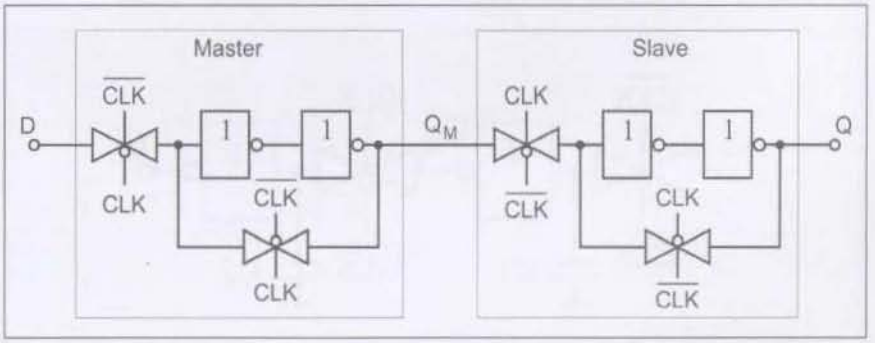
A D tároló összetettebb változata a



4. ábra

kétfokozatú megoldás (**5. ábra**). Ennek első egysége, a Master (mester) tulajdonképpen a már megismert átlátszó jellegű, egyfokozatú D. A *CLK* = **H** szintnél a bemeneti érték ennek a kimenetén folyamatosan jelen van, de a teljes tároló *Q* kimenete nem változik meg. Amikor a Master a *CLK* **L** szintre váltásakor lezár és a kimenetén rögzíti a fogadott D értéket, előállítva a Q_M tárolt bitet, akkor tudja ezt a közbülső értéket a második egység, a Slave (szolga) befogadni. A Slave ugyanolyan egyfokozatú, transzparens D tároló, mint a Master. A Q_M értéke megjelenik a kétfokozatú tároló kimenetén (*Q*). Miközben a Master új D érték befogadására készül, a Slave az utolsó Q értéket folyamatosan fenntartja (a *CLK* **H** szintje hatására). Ez az elrendezés egy LSI áramkörben 16 elemi tranzisztorból kialakítható. Ha transzmissziós kapuk nélkül készül el egy kétfokozatú D tároló, az jóval nagyobb számú tranzisztorból áll.

Kevesebb áramköri elemmel is kialakítható egy MS-tároló, ha a bitek őrzésére nem visszacsatolt invertereket használunk (mint az előző áramkörökben), hanem kondenzátorokat. Az ún. dinamikus CMOS áramkörökben ilyen, kondenzátoros tároló fokozatokat alakítanak ki. A megoldás kisebb fogyasztású, kisebb helyigényű, egyszerűbb felépítésű, mint a hagyományos. Az egyetlen (de nem



5. ábra

jelentéktelen) hátrány, hogy egy ilyen áramkörben csak addig őrződnek meg a beírt értékek, míg a kondenzátorok (az önkisülés miatt) el nem veszítik a töltésüket. Ezért nem minden esetben célszerű ezt a megoldást használni, de pl. folyamatosan használt számlálók, léptetőregiszterek esetén az áramkörök sajátossága a folyamatos működtetés, léptetés, ezeket gyakran építették meg dinamikus jelleggel. A viszonylag ritkán működtetett áramköri egységeknél azért is célszerűbb a statikus CMOS felépítés, mert csak annál valósul meg a rendkívül kis átlagos fogyasztás.

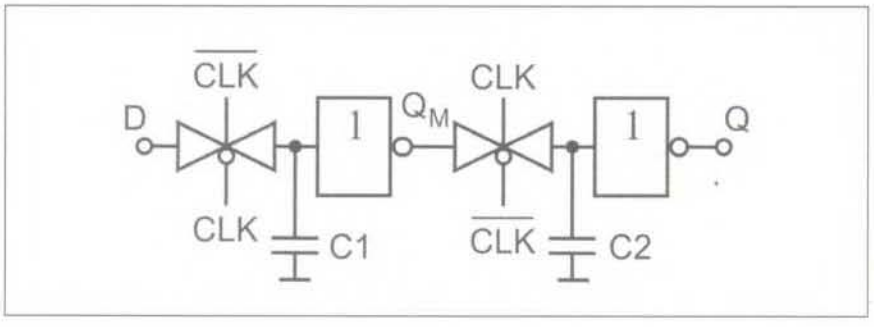
Példaként a kétfokozatú D tároló dinamikus kivitelét mutatjuk be a **6. ábrán**. Itt az órajel **L** szintje írja be a *D* bemenőjel értékét a C1 kondenzátorba. Innen egy inverterként kialakított elválasztó fokozaton keresztül a tárolt érték *CLK* = **H** hatására kerül át a C2-be. Ennek logikai szintjét a második elválasztó fokozaton keresztül vezettük a *Q* kimenetre.

1.2. A TTL és a CMOS kapcsolástechnika összehasonlítása

A bipoláris tranzisztorokból kialakított TTL logikai áramköröket és az n illetve p csatornás MOSFET-ekből felépített CMOS kapcsolásokat a korábbiakban már megismertük. Az 1960-as évek végén az npn szilíciumtranzisztorokból álló TTL integrált áramkörök voltak a szintén szilícium alapú CMOS IC-k fő vetélytársai. A győztes CMOS technológia fölényét jól mutatja az **1. táblázat**, amelyben különféle szempontok szerint hasonlítottuk össze a két megoldást. A táblázatból kitűnik, hogy a legtöbb szempont alapján a CMOS áramkör alkalmasabb az integrált áramkörök előállítására, mint a TTL jellegű. Ezt a gyakorlat is gyorsan igazolta, az LSI áramkörök (így pl. a különféle memóriák, processzorok) csak a legelső, kísérletinek tekinthető rövid időszakban készültek TTL kivitelben. A számos vonzó, a gyártók és a felhasználók számára is előnyös tulajdonságot a CMOS kialakítás biztosítja. Ennek az áramköri megoldásnak köszönhető a mai digitális integrált áramkörök rendkívül nagy elemsűrűsége, a kis fogyasztása, a jelentős működési sebessége.

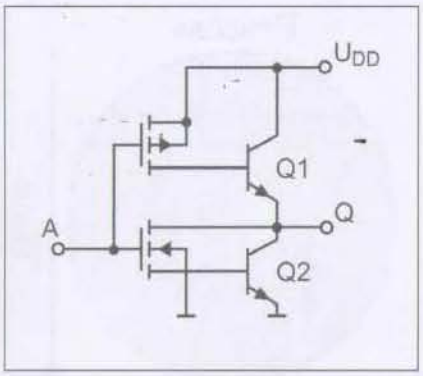
1. táblázat. A CMOS és a biporális áramkörök összehasonlítása

CMOS áramkörök	Bipoláris áramkörök
Többségi töltéshordozókra épülő működés	Kisebbségi töltéshordozókra épülő működés
Nincs a tranzisztorokban töltéstárolási probléma	A bázisban és a kollektorban töltéstárolási problémák léphetnek fel
Nagy kapcsolási sebesség, kis hőmérsékletérzékenység	Kisebb kapcsolási sebesség, jelentős hőmérsékletérzékenység
Driftáram (gyors működés)	Diffúziós áram, lassúbb működés
Feszültségvezérelt tranzisztorok	Áramvezérelt tranzisztorok
A tranzisztorok bemeneti impedanciája kapacitív jellegű, nincs egyenáram-igény a bemenetnél	Alacsony értékű ohmikus bemeneti impedancia, egyenáram-igény a bemeneten
Egyszerű meghajtó áramkörök	Összetett meghajtó áramkörök a bázisáramok miatt
Az ellenállások negatív hőmérsékleti együtthatója domináns	A kollektoráram pozitív hőmérsékleti együtthatója jelentős
Kicsi a termikus megfutás veszélye	Jelentős a termikus megfutás veszélye
Egyszerű párhuzamosíthatóság	A párhuzamosítás problémás
Kis áramoknál négyzetes I-U összefüggések, lineáris kapcsolat nagyobb áramoknál	Exponenciális I-U kapcsolatok
Határozott lineáris működés, kevés harmonikus	Nagy mennyiségű intermoduláció és keresztmoduláció
Alacsony bekapcsolási ellenállás, kis maradékfeszültség	Jelentős bekapcsolási ellenállás, rosszabb vezetőképesség
A draináram arányos a csatorna szélességével	A kollektoráram az emitter felületével és az emittercsík hosszával arányos
Alacsony disszipáció	Magasabb disszipáció
Közepes értékű késleltetési idők	Kis késleltetési idők
Nagyfokú zavarérzéketlenség	Jelentős zavarérzékenység
Rail-to-Rail működés (a kimeneti feszültség a teljes U_{DD}...U_{SS} tápfeszültség-tartományt kihasználja)	A kimeneti feszültségtartomány szűkebb, mint az U_{CC} - GND tartomány
A **H** szint a tápfeszültség és annak 2/3-ad része közötti tartomány, az **L** szint a tápfeszültség 1/3-a és a 0 V közötti sáv.	Az **L** szint a 0...0,8 V közötti sáv, a **H** szint 2 V-tól terjed a tápfeszültségig. 3 V-os tápfeszültség felett erős a tartományok aszimmetriája.
A CMOS áramkör gyakorlatilag nem igényel tápenergiát nyugalmi (statikus) állapotban (a 20 nm-es tartomány alatt romlik a helyzet)	Statikus állapotban is jelentős tápáram
A digitális jelek fel- és lefutási idői hosszabbak, így kevésbé problémás a jelátvitel, a keletkező elektronikai zaj kisebb mértékű	A gyors jelváltások miatt a nagysebességű jelátvitel problémás, jelentős a környezet zajterhelése
Elektrosztatikus kisülésre érzékeny áramkörök	Jól tűri az elektrosztatikus kisüléseket
Növekményes n és p csatornás MOSFET-ekből áll	Bipoláris npn tranzisztorokból áll
Kis méretek esetén a jelteljesítmény kicsiny	Jelentős jelteljesítmény kis méreteknél is
Kis helyigény a csipen	Nagy területigény a csip felületén
A logikai alapelemek kapcsolása egyszerű	Összetettebbek a logikai elemek kapcsolásai
Az áramkörök felépítése és működése szimmetrikus, a kimenetek **H** és **L** szinteknél azonos mértékben terhelhetők	Az áramkörök aszimmetrikus felépítésűek, a **H** kimeneti szint kevésbé terhelhető.



6. ábra

Mindenesetre mindkét áramköri technológiának vannak előnyös oldalai. A CMOS a logikai áramköri részletek, a tárolók kivitelezésére optimális, de a nagyobb teljesítményt előállító kimeneti fokozatokban a bipoláris TTL kialakítás az eredményesebb. A két megoldás előnyeit a gyártók időnként próbálják egyidejűleg kihasználni. Az egyik legsikeresebb ilyen áramköri ötlet a BiCMOS kivitel, ahol az integrált áramkör logikai részleteit CMOS-ként



7. ábra

valósítják meg, a nagyobb teljesítményigényűeket pedig bipoláris megoldásokkal.

A **7. ábrán** példaként egy integrált áramkör invertáló BiCMOS jellegű kimeneti fokozata látható. A negációt megvalósító fokozat a megszokott CMOS inverter, míg a jelentős kimeneti áramot a két npn bipoláris tranzisztor biztosítja.

2. Gyorsítási megoldások a mai processzorokban

A CMOS technológia változásait elsősorban a processzorok egymást követő generációinak tulajdonságain keresztül lehet a legpontosabban követni. 1971 óta ezek az IC-k a félvezetőtechnika csúcstermékei, ezekben alkalmazzák a legújabb fejlesztési eredményeket. A felhasználók alapvető igénye, hogy a processzorral felépített számítógép minél gyorsabban működjön, minél nagyobb memóriaterületeket legyen képes kezelni. A számítógép gyorsasága szempontjából alapvető a processzort felépítő tranzisztorok működési sebessége. De legalább ekkora jelentősége van a működés sebessége szempontjából a programok végrehajtását gyorsító szerkezeti megoldásoknak, a processzor-architektúra fejlődésének. Jellemző erre az első mikroprocesszorok 4 és 8 bites szóhosszúságáról a 16, 32 majd 64 bites adatszavak kezelésére való átváltás, ezzel a processzoron belüli és a külső buszok adatszélességének változása.

A számítógép működési sebességének fokozására tehát nem elegendő az alkalmazott órajel frekvenciájának emelése. Először is, az 1970-es évek tranzisztorai nem képesek a ma megkívánt (és elért) órafrekvenciákon működni. Másrészt a mai szoftverek kellő sebességű és minőségű végrehajtásához nem lenne elegendő egy korábbi processzor újratervezése mai gyors tranzisztorokkal, újszerű strukturális eszközöket is kell a processzorokon belül alkalmazni. A processzorok belső kialakításának néhány új megoldását mutatjuk be a következőkben, hogy később, amikor az egymást követő típusokat ismertetjük, ezek már ismerősek legyenek.

1971-ben az Intelnél született meg a mikroprocesszor, az az LSI áramkör, amelyik egyetlen tokban képes volt egy számítógép központi egységének alapfeladatait ellátni. Később hasonló feladatú áramkörökkel együtt jött létre a processzorcsalád, amit mikroprocesszorok, digitális jelprocesszorok, mikrovezérlők alkotnak. A széles feladatkör megoldására alkalmas számítógépek a mikroprocesszorokkal alakíthatóak ki. Mára a szakmai zsargonban a mikroprocesszorok neve lerövidült, egyszerűen processzoroknak nevezik ezeket az IC-ket.

A processzor, mint integrált központi egység (Central Processing Unit, CPU) felelős a programok lefuttatásáért, a számítógép processzoron belüli és kívüli részleteinek összehangolt működtetéséért. A program futásához szükséges számítási és logikai műveletek elvégzéséért a *processzormag* a felelős.

A processzor gyártója sok esetben más cég által kifejlesztett mag köré építi meg áramköreit. Az is általános jelenség, hogy gyártókapacitás nélküli (Fabless) a processzort tervező, fejlesztő cég, és bérgyártó technológiai során készülnek el az áramköri csipek. Egy processzor ma már többnyire több magot is tartalmaz, így a különféle feladatok megvalósítása párhuzamosan történhet. Egy-egy mag alkalmas lehet több szoftverelem látszólag egyidejű végrehajtására, ha többszálas a szerkezete. Ezekkel a fogalmakkal, lehetőségekkel a továbbiakban részletesebben foglalkozunk majd.

A processzorok tanulmányozása során néha meglepő adatokkal találkozhatunk. Az 1960-as évek végén egy egyszerű, programozható digitális számítógép központi egysége 5000-6000 tranzisztorból volt kialakítva. Az 1970-es évek elején megjelent első mikroprocesszorokban hasonló számú beintegrált tranzisztor volt. Véletlen ez az egyezés?

A processzorok fejlődésének tanulmányozása közben, amikor újabb és újabb architektúrális megoldásokkal találkozunk, gondoljunk arra is, hogy egy egyszerűbb új egység megjelenése is minden esetben újabb tranzisztorok százezreinek, esetleg millióinak a beintegrálását is jelenti!

A nagyobb grafikus igényű szoftverek megjelenésekor általában a processzor mellé helyeztek egy kiegészítő áramkört, egy grafikus processzort. A fejlődés során ez beépült a processzorba, mint GPU (Graphics Processing Unit, grafikus végrehajtó egység). A számítógépes grafika nagymennyiségű kép-adat nagysebességű feldolgozását igényli, 2D vagy 3D jelleggel. Ez néhány speciális művelet igen nagy sebességű végrehajtását jelenti, ez alól mentesíti a CPU-t a GPU. A mai GPU egység általában egyéb feladatokat is átvehet a CPU-tól, ha éppen nincs grafikus szoftverrel lekötve.

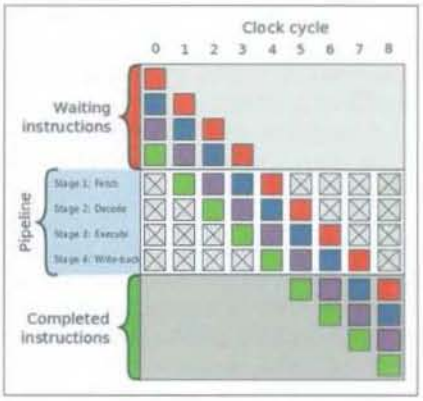
Esetenként a processzorban APU (Accelerated Processing Unit, gyorsított feldolgozó egység) is megjelenik, ami egyesíti az általános célú CPU és a GPU előnyeit.

A következőkben olyan strukturális megoldásokat vizsgálunk, amelyekkel a processzor hatékonyságát, működési sebességét lehet növelni. Mivel alapvető célunk a CMOS technológia változásainak bemutatása, a processzorokat csak úgy kezeljük, mint olyan IC-ket, melyeket ezek a változások közvetlenül érintenek. Ennek megfelelően a processzorok működésével, strukturális fejlődésével csak röviden foglalkozunk, annak érdekében, hogy az újabb és újabb típusok ismertetőiben szereplő kifejezések ne legyenek teljesen idegenek.

2.1. Működési sebességet növelő struktúrák a processzorokban

A korai változatokban egyszerre csak egyetlen utasítással foglalkozott a mikroprocesszor. Egy utasítás leegyszerűsítve négy egymást követő lépés végrehajtását igényli, az utasítás beolvasását (Fetch), a dekódolást (Decode), a végrehajtást (Execute) és az eredmény tárolását (Write-back). Ezeket elkülönülő áramköri egységek valósították meg. Nyilvánvaló, hogy ilyen felépítés esetén egyidejűleg mindig csak az egyik dolgozik a négy egység közül.

A CPU erőforrásait sokkal jobban ki lehet használni, ha az egyik utasítás végrehajtása alatt a következő dekódolása folyik, valamint egy harmadik beolvasása. Lényegében négy utasítás párhuzamos, egymást átfedő végrehajtását lehet így megvalósítani, ezzel az ún.



8. ábra

Pipeline (futószalag, csővezeték, adatösvény) megoldással (**8. ábra**). A csővezeték-technika az utasítások végrehajtásának párhuzamosítását jelenti.

Ha a processzor erőforrásait (a beolvasó, a dekódoló stb. egységeket) több példányban is beépítik a magba, több csővezeték is létrehozható, többszörös működési sebességgel. Az Intel a 486-os processzorát egyetlen csővezetékkel gyártotta, a Pentium sorozat első elemeiben jelent meg a két csővezetékes felépítés.

A fordító program feladata volt, hogy eldöntse egy következő utasításról, hogy az előzővel azonos időben, ugyanabban vagy másik csővezetéken megoldható-e vagy sem. Egyes utasítások végrehajtása előtt meg kell várni egy előző eredményét, ilyenkor időlegesen le kell állítani a csővezeték működését. Különösen a feltételes utasítások kezelése volt nehézkes a csővezetékes rendszerben, de mára már igen hatékony becslő algoritmusok segítik a döntési feltétel értékének előre történő meghatározását.

A skalár jellegű processzorokban általában több futószalag is van, a feltételes programelemeket, utasításokat a fordítóprogram ellenőrzi, kezeli, így becsüli meg a várható értékeket. A szuperskalár felépítés azt jelenti, hogy az elágazási feltételeket a program futása közben jósolja a processzor hardvere.

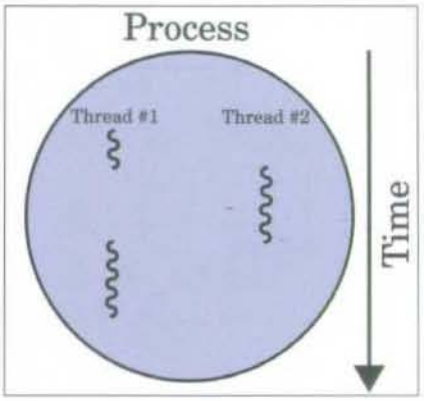
A processzor működési sebessége, hatékonysága ugrásszerűen megnövelhető, ha több magot építenek bele. Így a teljes skalár vagy szuperskalár működés egyszerre két magban valósul meg. Erre a lépésre akkor szánták el magukat a gyártók, amikor az órajel frekvenciájának növelése már problémássá vált. Eredetileg az Intel a Pentium 4-es processzoroknál már 10 GHz feletti frekvenciájú órajelet tervezett, de a szimulációk azt jelezték előre, hogy a rendkívül erőteljes hőtermelés miatt a processzorok túlmelegedhetnek. A két vagy több mag beépítése is megtöbbszörözi a működési sebességet, miközben az órajel frekvenciáját nem szükséges növelni.

Egy-egy mag alapesetben egyetlen programmal tud foglalkozni. A hatékonyság növelése érdekében jelent meg a többszálas működés (Hyper-Threading). A szál tulajdonképpen logikai processzor. Egyetlen hardverprocesszort tartalmaz a mag, de két szoftvert kezel, az egyik végrehajtási szüneteiben foglalkozik a másikkal (**9. ábra**). Igen hatékony eszköz pl. a külső memóriára várakozás miatti időkiesés hasznosítására. A többszálas és a többmagos kialakítások már általában a programrészletek, programok szintjén megvalósuló párhuzamosítást jelentik.

Szintén az Intel alkalmazta először a turbo órajelet (TurboBoost). Ennek az a lényege, hogy a processzor intelligens módon képes optimalizálni a processzorban levő magok működését. Ha az egyik mag „munka nélkül" van, a másik órajelét kissé megemelik, így elérve a legnagyobb hatékonyságát. Ugyanakkor a csip eredő melegedése a megengedhető mértéket nem lépi túl.

2.2. A gyorsítótár (Cache)

A programokat a számítógépek nagy kapacitású, nemillanó tárolókban őrzik, amik meglehetősen lassúak (leggyakrabban merevlemezen vagy Flash tárolóban). A végrehajtáshoz a program az adataival együtt a számítógép DRAM-jába másolódik. Az egyes utasításokat a működés során a processzor beolvassa, értelmezi és végrehajtja. Az utasítások nagy része adatokat kezel. A processzorok a mag részét képező regiszterekben elhelyezett adatokon tudnak a leggyorsabban műveleteket végezni (a regiszterek működési ideje már 1 ns alatt van). Ezért általában a külső memóriából a regiszterekbe kell áthelyezni az adatokat műveletvégzés előtt. A processzor tehát a programjait a számítógép DRAM-jából olvassa be, az adatokat is onnan veszi át, a futás közben keletkező adatokat pedig szintén ebbe a tárba írja ki, a működés során így igen sok memóriaolvasás és memóriaírás szükséges. A korszerű számítógépek egyik alapvető problémája, hogy a processzorok sebessége 1980-2000 között kb. ezerszeresére nőtt, míg a DRAM áramköröké alig



9. ábra

több, mint ötszörösére. Következésképpen működés közben a processzornak gyakran, viszonylag hosszú ideig kellene a külső tárolóra várnia.

A cache memória (gyorsító tár, átmeneti tár) teszi lehetővé a DRAM-ban levő információ gyorsabb elérését. Lényegében egy kisebb kapacitású, de jóval nagyobb sebességű puffer tároló a processzor és a DRAM között (ma már máshol, pl. a merevlemezeknél is megtalálható). A mai számítógépekben általában háromféle Cache memóriát használ egy processzor, ezek: Level 1 (L1), Level 2 (L2) és Level 3 (L3) Cache.

Az L1 a legkisebb méretű Cache, de a leggyorsabb, többnyire a processzorral azonos órajellel működik. Szokásos mérete 1-64 KiByte. A processzor és az L1 között a processzor szóhosszának megfelelő méretű szavak átvitelére kerül sor.

Az L2 valamivel lassabb, de nagyobb méretű. Általában 64-512 KiByte a kapacitása, de az Intel processzorokban akár 4-6 MiByte-os méretű is lehet. Az L2 vagy a DRAM-jából, vagy (ha ki van építve), az L3-ból kisebb blokkokat tud átvenni.

Az L3 sokak szerint luxus, elsősorban a szerverprocesszoroknál alkalmazzák. Igen nagy méretű, de az L1 és L2 sebessége alatt működik. Többmagos processzorok esetében az összes mag azonos sebességgel érheti el ezt az átmeneti tárolót. Az L3 feltöltésekor nagyobb méretű blokkokat használnak. Az Intel Smart Cache technológia azt jelenti, hogy minden mag hozzáfér a teljes Cache-hez, így azt nem kell az egyes magokhoz rendelt területekre szétbontani.

A Cache-rendszer használatát jól szemlélteti az ilyennel ellátott számítógépben a programok kezelése. A teljes Cache rendszer használatakor a futó program egy nagyobb részlete

tartózkodik az L3-ban (ide a DRAM sebességével lehet írni, a kiolvasás már nagyobb sebességű lehet). Az L2-be egy szűkebb, várhatóan felhasználásra kerülő részletet kell mindig átírni az L3 sebességével, a legközelebb olvasandó programrész kerül át az L2 sebességével folyamatosan az L1-be. Az L1-ből, annak sebességével már a processzor olvassa ki az adatokat és az utasításokat. Általában külön L1 kezeli az utasításokat, és egy másik az adatokat. Korábban mindhárom Cache szint a processzoron kívül helyezkedett el, majd a gyártól elkezdték ezeket a tárolókat az áramköreikbe beintegrálni.

3. Az Intel CMOS fejlesztései 2020-ig

A CMOS technológia újabb és újabb eredményeit a processzorok számára dolgozták ki, a processzorokban alkalmazták. A memóriaáramkörök fejlődése is látványos, de kisebb mértékű. Pl. a DRAM IC-k, mint láttuk, sebességben is egyre jobban lemaradnak a processzorok mögött.

Az Intel processzorainak sora azért alkalmas a CMOS kapcsolástechnika fejlődésének szemléltetésére, mert ez a cég a legnagyobb gyártó, a processzorfejlesztés „zászlóshajója". Az Intel a mikroprocesszor feltalálása óta fejleszti, tervezi, gyártja ezeket az IC-ket, foglalkozik a tranzisztorok újabb és újabb generációinak az előállításával is és az architektúrák állandó javításával is. A többi gyártó általában az Intel új eredményeit igyekszik megközelíteni vagy átvenni.

Először a vizsgált időszak Intel processzorai közül ismerünk meg néhányat, csak a hardver legfontosabb tulajdonságait bemutatva. Számunkra pl. fontos jellemző, hogy az adott típusnál hány tranzisztort használtak fel a tervezők. Ezt az adatot a processzorok ismertetői, katalógusai általában nem tartalmazzák, ott azok az adatok szerepelnek, amik a felhasználáshoz szükségesek.

Természetesen nem vállalkozunk az összes Intel processzor bemutatására, de ez nem is feladatunk. A megemlített áramkörökkel az a célunk, hogy szemléltessük a processzorok rendkívül gyors fejlődését. A fejezet további részében megvizsgáljuk majd, milyen új MOSFET-struktúrákat használt fel az Intel az újabb és újabb processzoraiban. Végül bemutatjuk, hogy a processzorok fejlődését, fejlesztését milyen sajátos módon igyekszenek a gyártók – köztük elsősorban az Intel – jól tervezhető „mérföldkövek" segítségével áttekinthetővé tenni. Ezek a technológiai csomópontok, mint majd látjuk, az elkövetkező időszak fejlesztési céljait is kijelölik.

2. táblázat. Intel processzorok 1993–2007 között

Típus	Kiadás éve	Órajel, MHz	Technológia	Tranzisztorok száma*	Csip felülete, mm²	Magok száma
Pentium	1993	66	0,8 um	3,1 M	264	1
Pentium Pro	1995	200	0,6 um	5,5 M	307	1
Pentium II	1997	300	0,25 um	7,5 M	209	1
Pentium III	1999	500	180 nm	9,5 M	140	1
Pentium 4	2000	1 500	130 nm	42 M	146	1
Pentium M	2002	1 700	90 nm	55 M	162	1
Intel Itanium	2003	1 000	130 nm	220 M	421	1
Pentium D	2005	3 200	65 nm	290 M	421	2
Intel Core 2	2006	2 930	65 nm	291 M	143	2
Dual Core Itanium	2006	1 660	90 nm	1,72 G	421	2
Quad-Core Xeon	2007	2 660	65 nm	582 M	263	4
Penryn	2007	3 000	45 nm	820 M	107	2, 4

*: M: Mega (millió darab), G: Giga (milliárd darab)

Mint már írtuk, nem ismertetjük az Intel minden processzortípusát. Ez nem szolgálná témánkat, a CMOS technológia változásainak követését. Az Intel cég rendkívül termékeny. Az első négy- és nyolcbites mikroprocesszorokat (5 típus) az öt 16 bites processzor követte. A 32 biteseket 50 típus képviselte a palettán, a 64 bitesek száma pedig már meghaladta a 70-et. Ezek a számok az alaptípusokat mutatják, a legtöbb Intel processzornak nagyszámú változata is készült. Nem mutatjuk be a kiragadott processzorokat katalógus-szinten, mindössze néhány fő tulajdonságukkal szemléltetjük a CMOS technológia változásait, fejlődését.

10. ábra

3.1. A 21. századi Intel processzorok fejlődésének szemléltetése

Az Intel 1989-ig számozással jelölte a processzorok típusát. 1989-ben adta ki a 486-os áramkört (**10. ábra**), az első 32 bites Intel processzort, amelynek első változatai 25 MHz-es órajellel működtek. A 486-os 1 200 000 tranzisztorból épült fel, gyártásakor 1 um-es sávszélességet, csíkszélességet alkalmaztak (a fotolitográfiai lépésekben ez volt a legkeskenyebb kialakítható vonalminta szélessége). A tranzisztorsűrűség ennél a processzornál a 173 mm²-es csipméret alapján 7000 darab tranzisztor/mm². Az architektúra legjelentősebb újdonsága a belső lebegőpontos egység (Floating Point Unit, FPU), a Pipeline és a belső Cache-egységek alkalmazása volt. Ettől kezdve már csak CMOS processzorokat gyártott a cég. A következő processzorcsalád az 586 típusjel helyett a Pentium elnevezést kapta (a számokból álló típusnevet nem lehetett szabadalommal megvédeni a konkurens gyártóktól). Az első Pentium (amely már dupla csővezetéket használt) 1993-ban jelent meg. Az első Pentium-sorozat tagjai között már 64 biteseket is találunk. Az Intel által 1993-2007 között kibocsátott processzorokat a **2. táblázat** mutatja be. Érdemes felfigyelni arra, milyen rövid időszakok után jelennek meg az új típusok, milyen rendkívüli módon nő a beépített tranzisztorok száma, a működési sebesség, és finomodik a gyártáskor alkalmazott technológia. A csipek felülete általában nem nőtt együtt a

3. táblázat. Az i3, i5, i7 architektúrák jellemzői

	Intel Core i3	Intel Core i5	Intel Core i7	Intel Core i7 Extreme
Megjelenés éve	2010	2010	2008	2009
Órafrekvencia, GHz	2,5...3,4	2,3...3,87	2,5...3,8	3,2...4
Magok száma/szálak száma	2/4	2/4, 4/4	4/8, 6/12	4/8, 6/12, 10/20
Belső Cache mérete	3...4 MiByte	3...8 MiByte	8...12 MiByte	8...25 MiByte
Gyártási technológia	22...32 nm	22...45 nm	22...45 nm	22...45 nm, majd 14 nm
Tranzisztorok száma (millió darab; alaptípusokban)	382	382 ... 774	774	731
Intel Hyper-Threading technika	Igen	Modelltől függ	Igen	Igen

tranzisztorok számával, sőt, sok esetben csökkent!

A táblázat az adott típusnévvel először kibocsátott áramkör adatait tartalmazza, így lehet a fejlődésre vonatkozó információkat jól kiolvasni. De egyes típusok hosszú életűek voltak, idővel sok, hatékonyabb változat is készült belőlük.

A PC-kbe szánt Intel Core 2 processzorok pl. a Conroe, a Conroe-XE, az Allendale, a Wolfdale, a Kentsfield, a Kentsfield-XE, Yorkfield, Yorkfield-XE. A laptopokba, egyéb mobil eszközökbe ajánlott változatok a Merom, a Merom-XE, a Merom-L, a Peryn, a Peryn-XE és a Peryn-L. A beintegrált Cache kapacitása 512 KiByte - 4 MiByte között változott, a processzorok disszipációja pedig 35 ... 75 W közé esett. A magok száma később 2 és 4 is volt.

Hasonló módon pl. az Intel Itanium processzor magszáma is emelkedett később, készültek 2, 4 és 8 magos változatok is. Mindebből érzékelhető az Intel által forgalomba hozott processzorok hatalmas változatossága. Egyébként ennek a processzornak az adatai „kilógnak" a sorból, visszaesést mutatnak a sebesség és az alkalmazott technológia szempontjából. Az ár/érték hányados is gyenge volt, s bár az Intel próbálkozott a többmagos kivitellel is, végül elég hamar visszafejlesztette a gyártását.

A 2008-2018-as évek sikerprocesszorai a 2010-re teljesen kifejlesztett Intel Core i3, i5, i7 sorozatú architektúrával készültek (**11. ábra**). Típustól függően ezek a processzorok már integrált video-magot, grafikus magot, fejlett display-kezelőt, hatékony virtualizációs egységet, termikus védelmi rendszert, veszélyes kódok elleni védelmet is tartalmaztak. Az i5, i7 processzorokba beépítette az Intel a Turbo-Boost megoldást, ami az órajel intelligens kezelését teszi lehetővé.

Az i3, i5, i7 architektúrák fő adatait a **3. táblázatban** lehet megtalálni. Az i7 Extreme egy olyan változat, melynél először alkalmazta az Intel a 14 nm-es technológiát. Ennek továbbfejlesztett változata a 14nm+, melyet a 2014-es és a 2015-ös év processzorainál alkalmazott a cég. A feltüntetett tranzisztorszámok a legelső alkalmazásokra vonatkoznak, később, elsősorban a többmagos kivitelek esetén, a tranzisztorok száma jelentősen nagyobb lett.

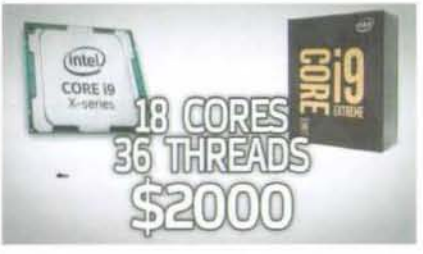
2017 derekán jelentette be az Intel a legújabb processzortípusát, ez a 14 nm-es gyártási technológiával készülő Core i9 (**12. ábra**). (A gyártási technológiákkal a fejezet további részeiben foglalkozunk majd részletesen.) Az i9 megoldás esetén a processzorban levő magok/szálak száma lehet 8/16, 10/20, 16/32, 18/36 vagy akár 28/56 is. A működtető órajel frekvenciája 3,1...5 GHz közötti lehet. A beintegrált Cache L2 és L3 részekre tagolódik. L2 minden processzorban annyi van, ahány magos az áramkör. A belső Cache kapacitása általában 13,75...25 MiByte közötti.

Az i9 jellegű processzorok a Lake típusok legújabb változatai. (Korábban ezeket i3, i5, i7 megoldással is gyártották, sok változatban). Ezek a jelenleg (2019 derekán) beszerezhető legnagyobb hatékonyságú processzorok, áruk 500...2 000 USA $ között van. A Sky Lake áramkörök pl. 2,6...8 GHz közötti órajellel működtethetőek, a magok/szálak száma 10/20 ... 18/36 közötti lehet. A fogyasztásuk 140...255 W közé esik. A Coffee Lake - S processzoroknál a magok/szálak száma 8/16, az órajel 2,1...4 GHz frekvenciájú, a disszipáció 65...95 W. A Coffee Lake - H változatok magjai/szálai száma 6/12, 8/16 lehet, az órajelük 2,3...2,9 GHz között választható meg, a fogyasztásuk 45 W körüli. Valamennyit a 14 nm-es technológiával gyártja az Intel, többnyire először a 14nm-t használva, majd áttér a 14nm+ megoldásra, végül a 14nm++ megoldással zárja a sorozatokat.

A beintegrált tranzisztorok száma tovább nőtt az i9 generáció bevezetésével. Az alaptípusokban 3-7 milliárd tranzisztort alakítottak ki a csipeken. Így például egy 8 magos i9 jellegű Coffee Lake 174 mm² felületű, ezen 3 milliárd tranzisztor található. A 18 magos i9-es Skylake (**13. ábra**) 485 mm²-es

11. ábra

12. ábra



13. ábra

csipjén pedig 8,33 milliárd tranzisztor zsúfolódik össze. Ebben a két utóbb említett processzorban a tranzisztorsűrűség 17,2 millió darab/mm^2.

Az Intel közeljövőre vonatkozó terveiben az szerepel, hogy a Lake sorozat tagjait fejleszti tovább, a még hatékonyabb 10 nm-es, majd 7 nm-es technológiák felhasználásával. De ezek az események már csak 2020 után valósulhatnak meg.

Hogyan volt lehetséges az eltelt két évtizedben az egységnyi területre integrálható tranzisztorok számát, a tranzisztorok sűrűségét a bemutatott processzorokban az 1990-ben elért 7000 db/mm^2-ről 20 millió db/mm^2 nagyságúra feltornázni? Mi rejlik a technológiák megnevezése (pl. 32 nm, 14 nm) mögött? A következőkben ezekre a kérdésekre keressük a választ, áttekintve a tranzisztorok fejlődését.

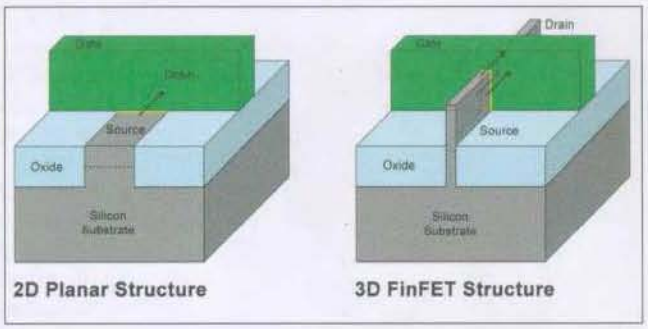
3.2. Az utóbbi 20 év MOSFET-megoldásai

Továbbra is elsősorban az Intel fejlesztéseivel szemléltetjük az újabb és újabb megoldásokat, most a tranzisztorok szerkezetére figyelve. A **14. ábra** az Intel 2002-ben tartott fejlesztési fórumán volt látható, az itt szereplő tranzisztorokat ma síkbeli, planár MOSFET-eknek nevezzük. Közös jellemzőjük, hogy a source, a drain és a csatorna-térfogatok mind a kiindulási szilícium-szeletben helyezkednek el, nem emelkednek ki belőle. A 2001-2009-es metszetek a MOSFET-ről korábban rajzolt vázlatunknak teljesen megfelelő elrendezések, csak egyre kisebb méretben készültek. 2002-ben az Intel laboratóriumaiban már tesztelték ezeket a tranzisztorokat, hogy az elkövetkező években a gyártás is megkezdődhessen a felhasználásukkal. A megadott évekre kikísérletezett újabb és újabb tranzisztorok egymás méretarányosan kicsinyített módosulatainak tünnek a mikroszkópikus felvételeken.

A gate hosszúsága 70 nm-ről 15 nm-re csökkent, vele együtt az alatta levő csatorna hossza is. A csatornahossz csökkenésével a source és a drain távolsága is csökkent, s egy sajátos probléma alakult ki, a *rövid csatorna hatás*. A source és a drain között a tranzisztor kikapcsolt, lezárt állapotában is egyre jelentősebb szivárgási áram folyik. De jelentősen megnő a szubsztrát felé elfolyó szivárgási áram is. A source és a drain réteg annyira elvékonyodik, hogy alaposan megnő az ellenállása.

A tesztek és a számítási eredmények, a modellek viselkedése mind megerősítették a növekvő kellemetlenségeket, amik elsősorban növekvő szivárgási áramokban, a kikapcsolt állapot minőségének romlásában, az átlagos disszipáció drasztikus növekedésében, a töltéshordozók sebességének csökkenésében mutatkoztak meg. Az Intel mérnökei kimondták: a hagyományos kialakítású, planár MOSFET-ekkel nem lehet megoldani a tranzisztorok további kicsinyítését, egyrészt a minőség elfogadhatatlan romlása, másrészt a termelődő hő miatt. A 2010-es évek végére már milliárdnyi tranzisztort tartalmazó processzorok olyan mennyiségű hőt fejlesztenének, amit képtelenség lenne elvezetni a csipből.

A planár elrendezésnek egyéb hátrányai is vannak, amik a csökkenő méretek mellett egyre kellemetlenebbek. A csatornát egy oldalról vezérlő gate hatása nem egyenletes a csatorna térfogatában, közvetlenül a gate alatt erős ez a hatás, távolabb, a szubsztrát közelében már alig jelentkezik. Mindezek ellenére a bemutatott, egyre kisebb méretű planár MOSFET-eket a következő években valóban alkalmazták, sorra jelentek meg az ezekkel kialakított, egyre nagyobb tranzisztorsűrűségű processzorok.



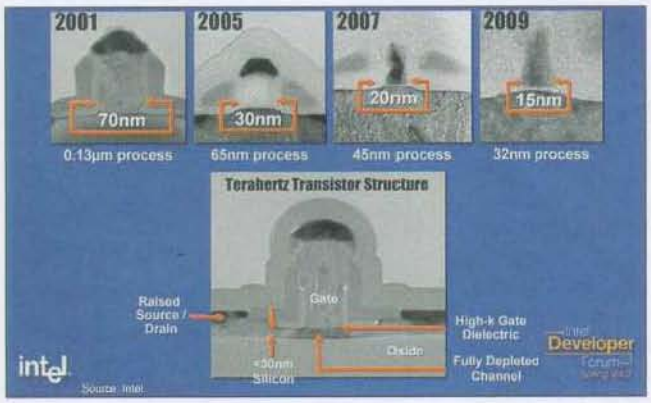
15. ábra

Az Intel 2002-ben a kicsinyítéssel előállított újabb és újabb tranzisztorok helyett egy újszerű megoldást is bemutatott, ez volt a Terahertz Transistor (terahertz tranzisztor), ami az ábrán alul látható. A fejlesztők elmondták, hogy a „jövő MOSFET-je" a számítások és a szimuláció szerint rendkívül gyors lesz, a nevének megfelelően a működési frekvenciája THz nagyságrendű lesz, a kapcsolási ideje pedig fs nagyságú (a THz = 10^{12} Hz, azaz 1000 GHz, a fs = 10^{-15} s, azaz a ns milliomodrésze).

A TeraHertz planár MOSFET hihetetlen sebességét és alacsony hőtermelését főleg a következő újdonságoknak köszönheti: átalakított gate-szigetelés, eltemetett oxidréteg a csatorna (és így a teljes tranzisztor) alatt, teljesen kiürített csatorna-térfogat (kikapcsolt állapotban), átalakított source és drain szerkezet.

Az új gate-szigetelő anyaga nem szilíciumdioxid, mert abból már 1 nm-nél is vékonyabb réteg kellene, ami már nem is lenne szigetelő jellegű: a kvantummechanikai hatások miatt folyamatosan áram folyna a gate elektródából a szubsztrát felé. Az új gate szigetelőanyag magas permittivitású, ezért ugyanolyan vezérlő hatású gatehez jelentősen vastagabb rétegre lesz szükség, a szivárgási áramok a korábban megszokott alacsony értékre változnak így.

A tranzisztor nem a félvezetőszelet felszíni rétegében alakul ki, hanem egy eltemetett oxidréteg felett. Így tulajdonképpen TeraHertz SOI, azaz szigetelőrétegen felépített tranzisztor. A szigetelőréteg felett teljesen kiürített szilíciumban alakítják ki a source és a drain részleteket. Ezek vastagságát megnövelik, így az ellenállás csökken, a hő fejlődését ez is csökkenti. Mivel a tranzisztorszerkezet igen kis méretű,



14. ábra

16. ábra

a source és a drain „vastagítását" felfelé valósították meg.

Csodálatos álom volt a TeraHertz MOSFET, de mielőtt ezzel a tranzisztorral elkészültek volna az első processzorok, egy teljesen újszerű tranzisztor-elrendezést kezdett alkalmazni minden gyártó, köztük az Intel is. A planár (2D) jellegű tranzisztorok helyett a 3D kialakításúakat.

A planár MOSFET már jól ismert szerkezetét a **15. ábra** bal oldalán látszati képpel mutatjuk be. A szilícium szubsztrát felszínhez közeli vékony rétegében a felénk eső oldalon van a source, a felszín feletti gate hasában túl pedig a drain. A kettő közötti térfogat a csatorna. A csatorna felső felülete és a felette levő gate között képezték ki a vékony gate szigetelést. A source, a csatorna és a drain mind a szilícium alaplemez felszíni rétegében található, a planár jellegnek megfelelően. Ezt a MOSFET elrendezést az első CMOS IC-ben már alkalmazták, lényegében nem változott 2010-ig. A méretek azonban rendkívüli mértékben csökkentek, az egyes újabb változatok egyéb vonatkozásban csak kis mértékben változtak, a szivárgási áramok és a parazita hatások csökkentése érdekében.

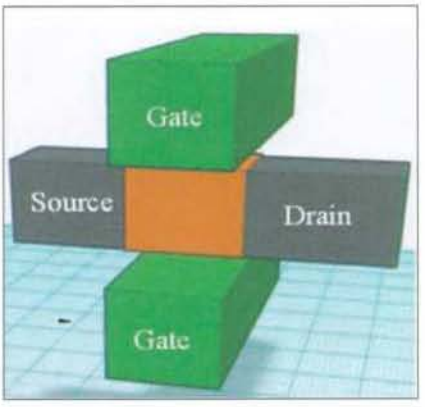
A háromdimenziós, azaz 3D MOSFET alapváltozatának kialakítása a 15. ábra jobb oldalán látható. Az a félvezető-térfogat, melyben a source, a csatorna és a drain található, a szilícium alaplemez felett, egy keskeny hasábban, a fin-ben helyezkedik el. A fin (uszony) közepén, rá merőlegesen van kialakítva a gate hasábja. Az uszony mintegy átdöfi a gate hasábját. Ahol az uszony a gate belsejében halad, szigetelőréteg választja el őket egymástól. Ez a függőleges oldalakon a vékony gate szigetelés, a felső vízszintes lapon azonban sokkal vastagabb. A két függőleges szigetelőréteg, a belsejében levő csatorna és a gate-anyag alkotja az első FinFET alaptípust, a kettős gate-es (Double Gate, 2G) FinFET-et. (Egyszeres gate-es FinFET nem létezik). Az új elrendezésben a csatorna méreteit az uszony és a gate geometriai adatai határozzák meg, a tranzisztor által a csipen elfoglalt terület eközben igen kicsiny lehet. Ugyanakkor a gate a csatorna két, szemben álló felületét is befedi, így a hatása egyenletesebbé és határozottabbá vált, erre utal a Double Gate elnevezés.

A MOSFET-ek fejlődésében olyan nagy jelentőségű volt a kétszeres gate-es kialakítás, hogy érdemes részletesebben is megismerni a 3D FinFET-ekhez vezető történetét. A 2G kettős gate-es FET-et *Chenming Hu* (**16. ábra**) írta le 2001-ben. A korábbi kaliforniai egyetemi professzor ekkor már a Taiwan Semiconductor Manufacturing Company, Ltd. azaz a TSMC egyik vezetője. Az 1987-ben alapított cég nevével később még többször találkozunk, egyrészt a saját fejlesztéssel élen járó mikroelektronikai cégként, másrészt a gyártókapacitás nélküli (Fabless), vagy az éppen célszerű legújabb technológiai sorokkal nem rendelkező processzorgyártóknak bedolgozó bérgyártóként. Az első, kétgate-es tranzisztor felépítése tulajdonképpen kézenfekvő. Mivel a planár MOSFET kellemetlen vezérlési tulajdonságát az okozza, hogy a gate csak a csatorna egyik oldalfalán keresztül hat, Hu és munkatársai két szemközti oldalhoz is kialakították a vezérlő elektródát (**17. ábra**). Kísérleti példányokat készítettek, kidolgozták az elméleti hátteret, szimulációs szoftverekkel igazolták a hatékonyságot.

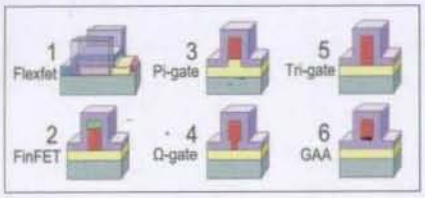
Prototípusaikat SOI (Silicon-On-Isulator, szilícium a szigetelő alapon) jelleggel alakították ki, sok lépésben egymás mellé és fölé növesztett részletekből. A legnagyobb processzorgyártók, így az Intel is közvetlenül a szubsztrát felületén alakították ki áramköreiket (Bulk-Si CMOS technológia), nem alkalmazták a SOI technikát. A 2G FET-ben rejlő lehetőségeket felismerve az Intel és a többi processzorgyártó azon kezdett dolgozni, hogy a MOSFET-eknél már kialakított technológiai, gyártási lépések segítségével tudjanak kétszeres gate-es FET-eket létrehozni (a TeraHertz tranzisztor pedig csendben bevonult az Intel múzeumába, bár a kifejlesztése tapasztalatait a FinFET-eknél hasznosítani lehetett). Több különböző megoldás után emelték ki a MOSFET aktív elemeit a szilícium szelet felszíne fölé, így megalkotva az első 3D tranzisztorokat. Végül a fejlesztő munka eredményeként bemutatták a 3D 2G FinFET-et. Tulajdonképpen a kialakított FinFET háromszoros gate-et (Tri-Gate) eredményezett, hiszen a gate nemcsak a két függőleges lapon simul a fin-hez, hanem a felső vízszintes lapnál is. Azért, hogy Hu modelljének megfeleljenek, s a számítási eredményeket egy-az-egyben hasznosíthassák, a felső vízszintes lapnál a gate szigetelésnél sokkal vastagabb, elválasztó jellegű szigetelőréteget alkalmaztak.

A 3D technológiára való átérés azonban nem volt egyszerű. Az Intel a kezdeti sikerekre alapozva már 2002-ben kacérkodott egy FinFET-es processzor kibocsátásával, de a tömeggyártásban csak 2011-ben jelent meg ez a megoldás. Ekkor már a planár CMOS-ok további kicsinyítése nem volt lehetséges, a 45...32 nm-es technológiák után váltani kellett. A 22 nm-es FinFET-es processzorok 1 V-os tápfeszültségen 18%-os sebességnövekedést mutattak, de 0,7 V-ról is biztonságosan működtek.

Az új évtizeddel megkezdődött a CMOS áramkörök életének újabb korszaka, a 3D tranzisztorokkal. Ez az évtized sokkal mozgalmasabb volt a processzorgyártók számára, mint a korábbiak. Az új technológia minden szintváltáskor (pl. 22 nm, 18 nm, 14 nm, 10 nm, 7 nm) a tranzisztor struktúrájának jelentős változásával járt együtt, mindez erősen megnövekedett fejlesztési költségeket, gyártósor-átalakításokat is jelentett. Néhány fő változatot



17. ábra



18. ábra

a **18. ábrán** mutatunk be. (A típusok ismertetésénél a cikkünkben eddig is alkalmazott nagybetűs konvenciókat használjuk, bár a képen nem mindig ez látható. Egy további megjegyzés: az ábrán a típusok nem mind szerepelnek időrendi sorrendben.)

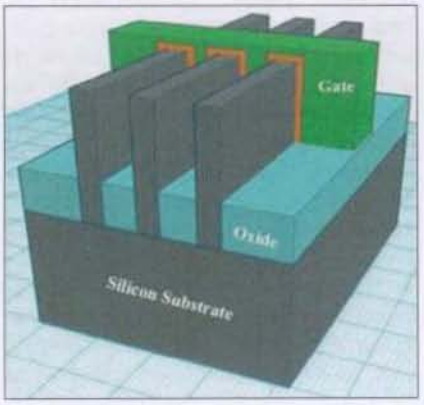
A FlexFET a HU által kialakított szerkezet planár MOSFET-jellegű megvalósítása, egy korai próbálkozás. Szigetelő alapra készült, azaz ez egy SOI tranzisztor. A szigetelő zafír, vagy hagyományos Si szubsztrát felületére növesztett SiO_2 réteg. A szigetelőn egy lapos csík a source, ennek a végére növesztett réteg a csatornatérfogat. Felülről a drain zárja ezt a szendvics-jellegű kialakítást. A csatornaszakasz két oldalán, a felületre merőlegesen alakították ki a gate-testeket. Bár ez egy integrálható megoldás, MOSFET gyártási lépésekkel kialakítható, nem hozott átütő sikert. A FlexFET területigénye nem volt jelentősen kisebb, mint egy hagyományos, lekicsinyített MOSFET-é. A gyártók kísérleti példányokat építettek ezekkel a tranzisztorokkal tesztelésre, de pl. az AMD 2001-ben egy 32 nm-es technológiájú, nyolc magos processzort piacra is hozott. Az Intel ekkor a TeraHertz-es fejlesztéssel foglalkozott elsődlegesen, a 2G kialakítással még éppen csak elkezdődtek a kísérletek.

A már megismert FinFET volt az a tranzisztortípus, amivel a várt eredményeket el lehetett érni, ahol a gate három oldalról veszi körül a fin csatorna-szakaszát, de a felső lapnál elválasztó szigetelés van beépítve. A gate felső része csak összeköttetést biztosít a két függőleges oldal között. A fin kb. 10 nm vastagságú, élére állított téglatest, amit a szilíciumszelet felszínére kell növeszteni, adalékolt szilíciumból. A szigetelőrétegek kialakítása után képezték ki a fin-re merőlegesen, arra mintegy „ráfolyva" a gate-testet. Miután a FinFET megjelent, szinte minden processzorgyártó alkalmazni is kezdte a 12 nm...10 nm körüli technológiákban. Az első működő FinFET jellegű processzort 2002 decemberében mutatta be a TSMC, az Intel mint láttuk, ekkor még nem tudott piacra lépni ilyen eszközzel.

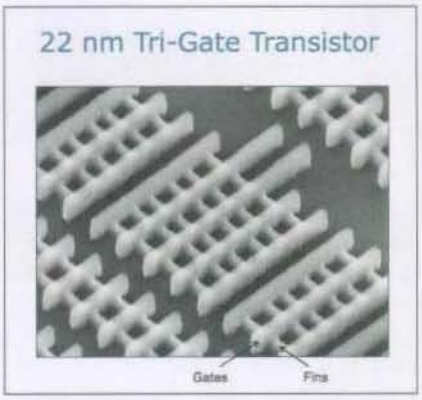
A FinFET egy adott technológiai szinten további hatékonyságnövelő lehetőségeket is kínált. A több gate-es (Multi-Gate) tranzisztorokban a finre nem egy hanem több, párhuzamosan álló gate-testet is építettek. Ilyen szerkezetű tranzisztorokat diszkrét alkatrészként is forgalmaznak, ahol a gate elektródák külön-külön, egymástól függetlenül vannak kivezetve a tokozásból. Az integrált kivitelben egy tranzisztoron a gate-eket összekötik, így növelve a tranzisztor hatékonyságát. Kialakítható a FinFET egyetlen gate-tel, de több, egymás mellett levő uszonnyal (**19. ábra**). Végül létrehozható olyan összetett FinFET, amelynél több fin és több gate is megjelenik. A **20. ábrán** az Intel 2011-ben bevezetett 22 nm-es technológiájának FinFET-jei láthatók, amelyeket 6 fin és 5 gate alkot. De térjünk vissza a 18. ábrához!

Az 5-ös sorszámmal szereplő háromszoros gate (Tri-Gate, máshol Triple-Gate, 3G) megoldás tulajdonképpen a FinFET gyártási menetének egyszerűsítésével állt elő. A csatorna feletti szigetelés is vékony, gate-jellegű, így háromszorossá vált a Gate. Az Intel 2012-ben mutatta be a Tri-Gate megoldású tranzisztorokkal épített, 22 nm-es Ivy Bridge és Atom processzorait. Ekkor úgy tervezett az Intel, hogy 2013-ban már 14 nm-es változatokat fog gyártani, 2015-ben 10 nm-eseket. A 14 nm-es processzorok két évet csúsztak, az első 10 nm-eseket pedig csak 2019 második felében sikerült legyártajni.

A Pi-Gate kivitel (és az Omega-Gate is) a keresztmetszeten látható gate-alakról kapta a nevét. A Pi-Gate tranzisztornál a gate oldalsó felülete a csatorna alá nyúlik, ezáltal annak negyedik lapjára is hatást gyakorol, akár háromszoros helyett három és félszeresnek, vagy virtuális négyszeresnek



19. ábra



20. ábra

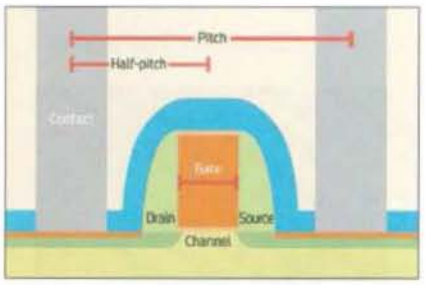
is lehet nevezni. Ugyanez a célja az Omega-Gate elrendezésben a csatorna alá benyúló gate-részletnek is. A vezérlő hatás határozottabbá vált, csökkent a késleltetés, nőtt a működési frekvencia.

A vezérlési hatásfok tovább növelhető, ha a csatorna alsó lapjánál a gate anyaga folyamatos, azaz a csatorna negyedik oldalán is jelen van a gate. Ez az elrendezés a teljesen körülölelő gate (Gate-All-Around, GAA, 4G). Természetesen a gate hatékonyságát ez a kialakítás tovább növeli, a működési idők tovább rövidülnek, a be- és kikapcsolási állapot itt különül el a legjobban. A csatornát a gate teljesen ki tudja üríteni, a szivárgási áramok ennél a változatnál a legkisebbek.

A csatorna keresztmetszete lehet négyszögletes (mint az ábrán), vagy kör. Ez a jövő egyik lehetséges tranzisztora. A gyártása új megoldásokat igényel, mivel a source-csatorna-drain térfogat nem érintkezik az alappal, a szubsztráttal, legalábbis a csatorna-térfogat teljesen el van szigetelve (ezt a térfogatrészt gate szigetelés veszi körül, azt pedig a gate anyaga).

3.3. A tervezett fejlődés, a technológia mérföldkövei, szintjei

A processzorok gyártástechnológiáját már az 1970-es években is igyekeztek egyetlen, alapvető számértékkel jellemezni, ami kezdetben a minimális vonalvastagság volt. Az egyre kisebb méretű MOSFET-ek gyártási technológiájának az egyik meghatározó adata ez, a fotolitográfiánál használható legkisebb vonalszélesség, a csíkszélesség. Ez kb. 1995-ig megegyezett a tranzisztor csatornahosszúságával is, ami abban az időben 400...350 nm volt. Ezt követően a csatorna hosszúsága gyorsabban csökkent, mint a technológiára jellemző litográfiai szélesség, így néhány



21. ábra

éven át a csatornahossz volt a technológia jellemző adata. Az egyre összetettebb tranzisztorok (FinFET, TriGate stb.) már nagyobb számú hosszúsági adattal voltak jellemezhetőek, azok változási üteme sokszor eltérő volt. A csatorna gyors rövidülése pl. hosszabb ideig jellemző volt, a 130 nm-es technológia esetén a csatorna már csak 60 nm hosszú volt. Sajátos módon később a csatorna rövidülési üteme lelassult, és kb. 2012-től a technológiára jellemző hosszméret és a csatornahossz ismét megegyezik (a 32 nm-es, 22 nm-es és ezeknél finomabb rajzolatok esetében).

Ezt követően néhány éven át a csipen egymáshoz legközelebb kialakított azonos funkciójú részletek távolságának a fele, a fél-pich (Half-Petch) a gyártási szintre jellemző érték. Ilyen elemek lehettek pl. tranzisztorkivezetések (**21. ábra**), vagy éppen az egy tranzisztoron belüli finek. Ezt követően már nem is volt konkrét technológiai mérethez köthető a technológiai jellemző, egyszerűen egy nanométerként megadott adat, ami semmi egyéb, mint az adott technológiai szint kereskedelmi célú kódja, márkajele. Így lehetséges, hogy közel azonos méretekkel rendelkező FinFET-ekből épül fel a TSMC 7 nm-es, a Samsung 10++ és az Intel 14 nm-es technológiája.

A mikroelektronika fejlődésének folyamatosan az egyre kisebb méretű tranzisztorok előállítása, alkalmazása a célja (mintha a végső cél a végtelenül kicsiny tranzisztorok előállítása lehetne), ezért volt természetes, hogy eleinte az egyes gyártási szinteket a technológia egy jellegzetes méretével jellemezték. Később olyan méreteket választottak, amik a vevők számára

22. ábra

Characteristic	1992	1995	1998	2001	2004	2007
Feature size (microns)	0.50	0.35	0.25	0.18	0.12	0.10
Gates per chip (millions)	0.3	0.8	2.0	5.0	10.0	20.0
Bits per chip						
DRAM	16M	64M	256M	1G	4G	16G
SRAM	4M	16M	64M	256M	1G	4G
Wafer processing cost ($/cm²)	$4.00	3.90	3.80	3.70	3.60	3.50
Chip size (mm²)						
logic	250	400	600	800	1,000	1,250
memory	132	200	320	500	700	1,000
Wafer diameter (mm)	200	200	200-400	200-400	200-400	200-400
Defect density (defects/cm²)	0.10	0.05	0.03	0.01	0.004	0.002
Levels of interconnect (for logic)	3	4-5	5	5-6	6	6-7
Maximum power (watts/die)						
high performance	10	15	30	40	40-120	40-200
portable	3	4	4	4	4	4
Power supply voltage						
desktop	5	3.3	2.2	2.2	1.5	1.5
portable	3.3	2.2	2.2	1.5	1.5	1.5

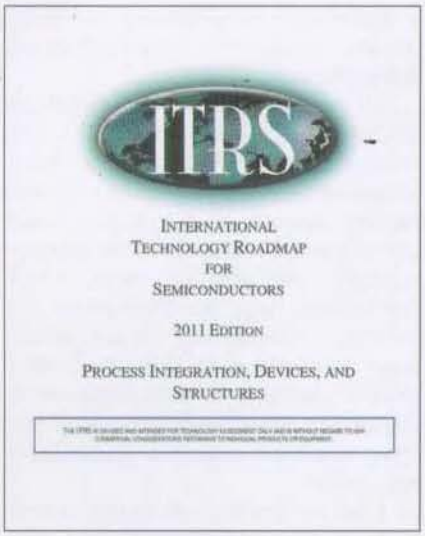
23. ábra

kedvezőbbnek tűntek, majd a jellemző kód, bár látszólag továbbra is egyre kisebb méretet jelöl, gyakorlatilag a konkrét hosszúsági értékektől elszakadt. Mindenesetre ezek a kódok továbbra is egyre kisebb számértékek, és az adott tranzisztortípusok hosszméreteinek nagyságrendjébe esnek.

Amerika az 1970-es években, az első mikroprocesszorok előállítása után már nem akarta a kezéből kiengedni ezt az igen nyereségesnek látszó új iparágat, rendkívül intenzív fejlesztési stratégiát folytattak a Szilíciumvölgyben működő cégek. Ugyanakkor ez az USA egyéb ipari területeinek fejlesztési üteméhez képest is rendkívüli ütemű folyamatos fejlesztés sok problémát is felvetett. A tervezők elképzelésében megszülető új technológia általában 5-6 év múlva jelent meg, mint megvásárolható mikroprocesszor. Amíg az első processzorok teljes tervezési-fejlesztési-gyártási tevékenységét az Intel végezte, hamarosan az egyes gyártási lépésekre új, szakosodott cégek jelentek meg. Más vállalat állította elő a különféle adalékoltságú egykristály rudakat, máshol szeletelték fel azokat megfelelő hajlásszögben, máshol készültek a vegyi segédanyagok, máshol a tokozáskor alkalmazható vezetékek stb. Ha új technológiát dolgozott ki egy processzorgyártó, igen gyorsan a beszállítóinak is ki kellett alakítani a megfelelő új termékeket. Ez különösen problémás volt, ha az új technológia részleteit az azt kidolgozó cég hosszú ideig nem kívánta nyilvánosságra hozni.

A megfelelő ütemű előkészületek különleges szervezést igényeltek. Ezt szem előtt tartva 1977-ben Amerika legnagyobb processzorgyártói (köztük az Intel, az AMD, a Motorola, a Fairchild, a National Semiconductor) vezetői Semiconductor Industry Association (SIA, Félvezetőipari Társulás) néven koalíciót hoztak létre (**22 ábra**), mely a következő 15 évre előre megjelölte a processzortechnikában alkalmazandó fejlesztési lépéseket. Hatalmas vállalkozás volt ez, hiszen a csúcstechnikát jelentő processzorgyártás területére kellett 15 éves távlatban precízen megjelölni a technológiai adatok változásait! Az egyes technológiai szinteket a bevezetésük évszámával és egy nm dimenziójú kóddal jelölték meg, amik nagyságrendileg utalnak az alkalmazható tranzisztorok geometriai méreteire. A megkívánt fejlesztési ütemterv (Roadmap) viszont egyrészt biztosíték volt a megfelelő ütemű fejlesztésre, másrészt az együttműködő cégek időben tudtak a maguk területén is előkészülni, váltani. Olyan együttműködési rendszer jött létre, amire nincs is más példa máig sem az iparban. A SIA ütemterv az adott félvezetőgyártási szintet teljes mértékben meghatározta, amire jó példa egy következő időszak (1992-2007) Roadmap adatsora (**23. ábra**).

A processzorgyártás nemzetközivé vált, és az Amerikán kívüli cégek is látták az előrevetített tervszámok alkalmazásának előnyeit. 1998-ban ezért a SIA nemzetközivé bővült, új neve



24. ábra

International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS, Nemzetközi Technológiai Ütemterv a Félvezetőipar Számára) lett. A **24. ábrán** a 2011-ben készített ITRS kiadvány címlapja látható, ez 2015-ig jelöli meg a fejlesztési célokat. Később az ITRS is 15 évre dolgozza ki ajánlásai, itt 2022-re már 3 nm-es technológiai szint szerepel, 2024-re 1,5 nm, 2025-re 1,0 nm. 2016-tól az ITRS nevet változtatott, az új elnevezés International Roadmap for Devices and Systems (IRDS, Nemzetközi Ütemterv a Tranzisztorokhoz és a Félvezetős Rendszerekhez) lett.

A Roadmap-kiadványok ma már sok kötetesek, rendkívül körültekintően írnak le egy-egy technológiai szintet. A technológiai lépések leírása és az alkalmazott tranzisztorok adatainak rögzítése mellett részletesen kitérnek többek között a rendszerek tervezésének megoldásaira, a gyártási folyamat technikai részleteire, az alkalmazandó litográfia ismertetésére, az IC-n belüli összekötésekre, a tokozásra, a környezeti hatásokra, a tesztelési előírásokra, a biztonsági követelményekre, a kutatási eszközökre, a felhasználható anyagokra. A tervezési időszakok hossza váltakozott, és az is előfordult, hogy kiadtak egy Roadmap-kiadványt pl. 5 éves időszakra, majd 3 évvel a megjelenése után egy módosított tervszámrendszert kellett összeállítani.

Az ITRS kiadványaiban a technológiai szintek kódjelét „Process Node" (folyamat csomópont) névvel illetik, máshol egyszerűen Node, vagy Technology Node (technológiai csomópont) a megnevezésük. Sokszor csak így szerepel egy szint: 14 nm-es technológia, 10 nm-es processzor. Magyarul a csomópont megjelölés nem igazán kifejező, célszerűbb technológiai mérföldkövekről, szintekről vagy lépcsőfokokról beszélni.

Egy technológiai szintet (Node-ot) ezek szerint kevésbé jellemez a kódjele (pl. 10 nm), inkább leírja a mögötte lévő adatsor. Egyes gyártók az adatsorhoz más kódjelet választanak, jellemzően olyat, amiben kisebb a számérték. A TSMC a 7 nm, 5 nm, 3 nm sorozatnak megfelelő technológiáit N7, N5, N3 saját kódnevekkel látta el. Ismeretes, hogy az Intel 10 nm-es technológiája a többi gyártó 7 nm-ének felel meg, míg az Intel 7 nm-rel jelzett szintje nagyjából azonos félvezető-szerkezetű, mint más cégeknél a 4 vagy 3 nm-es. Sok esetben két egymást követő technológiai mérföldkő között a gyártó túl nagy különbségeket lát, amiket egyetlen fejlesztési lépésben nem tart célszerűnek megvalósítani. Ilyenkor a két mérföldkő közötti fejlesztési „távolságot" felhasítja, így jelent meg pl. az Intel-nél a 10 nm, a 10 nm+ és a 10 nm++ szint.

A tervezetekben két évenként jelenik meg egy új technológiai szint. Az eredeti mérföldkő elnevezések (32 nm, 22 nm, 15 nm, 10 nm, 7 nm stb.) azt sugallják, hogy két évente a tranzisztorok lineáris méretei 0,7-ed részre csökkennek, ami adott területen kétszer több tranzisztor kialakítását teszi lehetővé. Az Intel ennél valamivel nagyobb mértékben csökkenti a tranzisztorok területigényét. Ugyanakkor az egyes fejlesztési lépések esetenként hosszabb időt, és jóval nagyobb költséget jelentenek. Az Intelnél a mérföldkövek közötti technológiai távolság imént említett felhasítása azért jelentkezett, hogy amíg a cég elkészül a 7 nm-es processzorával, addig is évente új technológiát tudjon bejelenteni. Igaz, hogy az Intel által 10 nm-esnek jelölt technológiai színvonalat a világon csak két másik cég képes megvalósítani, a Samsung és a TSMC. Más cégek a mérföldkövek között felezőpontokat jelölnek ki, és az annak megfelelő processzorokkal jelentkeznek.

Még egy fogalom szerepel a mérföldkövekkel kapcsolatban, a Die Shrink, a csipzsugorítás, amit sokszor Optical-Shrink (optikai zsugorítás) névvel jelölnek. Ez az eljárás egy korábbi processzorból úgy állít elő egy kisebbet, hogy minden optikai maszkolási lépést a korábbi maszkokkal, de egy adott kicsinyítési faktorral (K) valósítanak meg. A fotolitográfiát úgy módosítják, hogy minden lineáris méret K-ad részre csökkenjen. Ha a K értékét jól választják meg, azonos működésű, de kisebb csipet kapnak, ami a lehető leggyorsabb innovációs lépés egy új processzor-változat előállítására.

A zsugorítás igen kis költséggel megvalósítható, rövid idő alatt kivitelezhető. Esetenként a zsugorítást összekötik a tranzisztorok szerkezetének minimális módosításával. Az Intel köztes mérföldköveket állított így be, a 14 nm-ből 12 nm-t, terveik szerint a 10 nm-ből kialakítható lesz egy 8 nm-es szint, a 7 nm-ből a 6 nm-es, az 5 nm-ből a 4 nm-es.

Az olvasóban már biztosan felvetődött, hogy ezt a szédületes ütemű fejlesztést miért vállalják a gyártók? Mi készteti őket arra, hogy kétévente dupla sűrűséggel készítsenek a processzorok csipjén tranzisztorokat, miért kell folyamatosan kisebb és kisebb tranzisztorokkal készült áramkörökkel megjelenni? A következő alfejezetben fellebbentjük a fátylat erről a titokról!

2016-ban az Intel fontos stratégiai döntéseket hozott. A bevezető időszakban egyetlen lépésben valósították meg az új technológiai szintnek megfelelő processzorokat. Később az innovációs tevékenységet a Tick-Tock (Tikk-Takk) ütemezés jellemezte. Az előző technológiai szinten készült processzort az új tranzisztorokkal, kisebb méretekkel gyártották le első lépésben (Tikk ütem), majd a processzor architektúráját dolgozták át, fejlesztették (Takk ütem). Egy-egy fejlesztési ütemben így az innováció két fő területe közül csak az egyik valósult meg, biztonságosabb volt az előrehaladás. 2016-ban még visszafogottabb, három ütemű megoldásra tértek át. A Process-Architecture-Optimization (PAO, gyártási folyamat fejlesztés-architektúra átalakítás-optimalizálás) első lépésében a korábbi processzor készül el az új technológiával, ezt követi az architektúra fejlesztése, majd a teljes folyamat optimalizációja. Az optimalizált processzor jelenti a ténylegesen új verziót, új mérföldkövet.

Más döntést is hozott az Intel. Az újabb és újabb mérföldkövek fejlesztése során kevésbé jelentős már számukra az egyre nagyobb működési sebesség, inkább a processzor struktúrájának átalakítása a fontos. Ez azt is jelenti, hogy a processzorok disszipációja lassabban fog nőni, mint a korábbi időszakban.

25. ábra

3.4. A titokzatos mozgatórugó, a Moore-törvény

A mikroelektronika technológiai mérföldköveit, a különféle eredetű Roadmap kiadványok előrejelzéseit, a nagy processzorgyártók által kiadott tervszámokat megfigyelve azt tapasztaljuk, hogy két-három évente jelenik meg egy újabb szint, általában kétszeres tranzisztorsűrűséget eredményezve azonos csipterületen. A fejlődés folyamatos, töretlen, nincsenek ellaposodó vagy kiugró innovációs időszakok. A méretcsökkenés, a tranzisztorok sűrűsödése pedig több más paraméter egyenletes változását is jelenti, így pl. a hatékonyság, a működési sebesség növekedését. Mi rejlik e mögött az igen feszített ütemű, exponenciális jellegű fejlesztés mögött? Még a rendkívül dinamikusan alakuló gépkocsiipar előrehaladása sem ilyen ütemű. Mintha a processzorok fejlődése valamilyen matematikai képletnek felelne meg!

Az egyértelmű, hogy a fogyasztói igények nőnek, ez inspirálja a fejlesztést. De gyakori az olyan helyzet a processzorok feltalálása óta, hogy egy új processzorgeneráció megjelenése után csak évekkel készülnek el azok a szoftverek, amelyek teljes mértékben képesek kihasználni a lehetőségeit. Alapvetően a szoftverek lemaradásban vannak a megjelenő processzorokkal szemben, sőt, ez a lemaradás az évek során fokozódik is. A PC-k, laptopok, mobil eszközök felhasználóit pedig az, hogy a processzorban egy négyzetmilliméteren hány tranzisztor van, közvetlenül egyáltalán nem érdekli.

De ha elfogadnánk, hogy a mikroelektronikai fejlődést a felhasználók igényeinek növekedése inspirálja, akkor sem kapnánk magyarázatot arra, hogy miért egyenletes ez az innováció, és miért éppen ekkora az üteme, a mértéke!

Kell lennie egy folyamatosan jelen lévő, egyenletes mértékű, az innovációt exponenciális jellegű eredményekre sarkalló hatásnak! Van egy ilyen hatás, aminek a gyökereit sajátos módon egy folyóiratcikkben lehet felfedezni, amit 1965-ben írt egy akkor 36 éves mérnök, *Gordon Earle Moore* (**25. ábra**).

4. A Moore-törvény és szerepe

A mikroelektronika fejlesztése, az innováció sebessége viszonylag egyszerű matematikai összefüggésnek engedelmeskedik. Ez példátlan a technika világában. Nézzük meg, ki és mikor fedezte fel ezt a matematikai leírási lehetőséget, s milyen hatása volt, van és lesz a továbbiakban ennek a felismerésnek!

4.1. A Moore-törvény eredete

Először *Douglas Engelbart*, a számítógéphez használatos egér társfeltalálója írt arról a sejtéséről 1960-ban, hogy az integrált áramkörök fejlődése folyamatos lesz, s így elérhetővé válik majd az interaktív számítástechnika. A mikroelektronikával, a processzorokkal kapcsolatban sűrűn emlegetett Moore-törvény (Moore's Law) az előzőek szerint Gordon E. Moore nevéhez fűződik. Moore valószínűleg ismerte Engelbart gondolatait, amiket a saját tapasztalataival összevetve pontosabban fogalmazta meg az integrált áramkörök fejlődési ütemére vonatkozó elképzeléseit.

Az *Electronics Magazine* felkérte Moore-t, hogy vázolja fel az elektronika jövőbeli fejlődését. Az ifjú mérnök-üzletember ekkor a Fairchild Semiconductor kutatási-fejlesztési vezetője. Megvizsgálta a Fairchild szilícium alapú integrált áramköreit, a már piacra került kalkulátor-csipeket és az 1965. április 19-i számban megjelent *Cramming More Components onto Integrated Circuits* (Még több komponens megvalósítása az integrált áramkörökben) című tanulmányában megállapította, hogy a tranzisztorok száma a csipekben évente megduplázódik. A legtöbb megemlékezésben kb. az alábbiak szerint szerepel mindez.

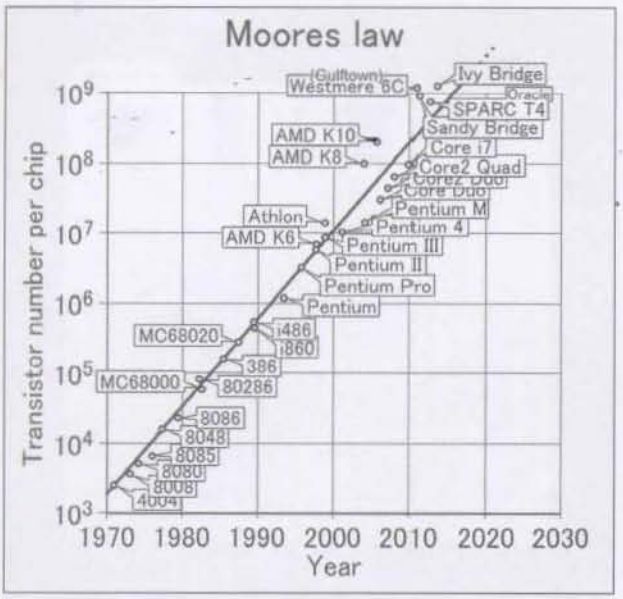
Gordon Moore, az Intel Co. egyik alapítója 1965-ben fogalmazta meg a következő megállapítást az elektronikai eszközök teljesítményének növekedéséről:

„A legalacsonyabb árú komponens összetettsége évenként durván a kétszeresére nőtt... Rövid távon ez az ütem várhatóan nem fog jelentősen változni, esetleg valamelyest növekszik. Hosszú távon a növekedés üteme bizonytalanabb, bár jelenleg nincs okunk feltételezni, hogy az elkövetkező 10 évben ez változni fog. Ez azt jelenti, hogy 1975-ben a legalacsonyabb árú integrált áramkör 65 000 komponenst fog tartalmazni. Úgy hiszem, hogy egy ilyen összetett áramkör megépíthető egy lapkán."

Ezek az ismertetések annyiban pontatlanok, hogy 1965-ben Moore nem volt az Intel vezetője, a Fairchild-nál dolgozott. Nem is létezett még akkor az Intel, hiszen a mai óriáscéget Moore és a szintén a Fairchild-nál vezető állást betöltő *Robert Noyce* 1968-ban, azaz három év múlva alapították meg, félvezető memóriák előállítására.

Moore nem gondolta az általa megfogalmazott tendenciát törvénynek, egy sejtésnek tekintette mindössze. 1975-ben átértékelte az előrejelzést, és a tranzisztorszám megkétszereződésének időtartamát két évre módosította. Érdekes módon ezután sok hivatkozásban a tranzisztorok számának duplázódási idejét 18 hónapban jelölik meg, Moore többször is kijelentette, hogy ő 18 hónapról soha nem beszélt. Egyébként 1975-től kezdték az előrejelzést Moore-törvénynek nevezni. (Tulajdonképpen egy másik Intel munkatárs, *David House* elméletében szerepel a 18 hónapos időadat, de az nem a tranzisztorok számának növekedésére, hanem a processzorok számítási teljesítményére vonatkozik.)

Moore eredeti kijelentését az évek során többször átértékelték, többféle magyarázata is született, többször át is fogalmazták, esetenként pontosították, máskor kiegészítették. Azt azonban ki lehet jelenteni, hogy amennyiben az LSI digitális áramkörök hatékonyságát a beintegrált tranzisztorok számával mérjük, az eredeti jóslat teljesült az ott megjelölt tíz év alatt. Sőt, a módosított változat a további 40 évben is helyesen adta meg a fejlődés adatait! Ma általában leegyszerűsítve úgy szokták idézni, hogy a digitális integrált áramkörökben a beintegrált tranzisztorok száma két évente (esetenként 18 havonta) megduplázódik. Sokan a számítási teljesítmény egyre gyorsabb növekedé-



26. ábra

sét leíró törvényszerűségként kezelik. Ha elfogadjuk, hogy a beépített tranzisztorok száma és a számítási teljesítmény között szoros összefüggés van, ez a két értelmezés közel azonosnak tekinthető. A Moore-törvényt az ár/tranzisztor arány alakulására is szokás értelmezni. Ez is követi az előrejelzést, egyébként az újabb és újabb technológiai szinten gyártott processzorokat nem lehetne eladni.

Érdekes belegondolni, hogy milyen adatok birtokában fogalmazta meg jövőképét Moore. Az első digitális integrált áramkörök alig több, mint egy évesek 1965-ben, ezek szinte kizárólag kis integráltságú tokok voltak! Mikroprocesszorok még nem léteztek (majd 1971-ben jelenik meg a legelső, az Intelnél), egyáltalán LSI áramköröket alig gyártottak még (az Intel kezdi 1968-ban a memória IC-ket fejleszteni, gyártani). Moore a törvényét tehát ebben a helyzetben fogalmazta meg, amikor egy-egy csipen általában csak 40-50 tranzisztort helyeztek el, s a mai milliárd tranzisztorból felépülő processzorok világában is érvényes!

4.2. Fejlődés a Moore-törvény alapján

A Moore-törvény egyre nagyobb tiszteletnek örvend a digitális LSI áramkörök gyártói szemében. Eredetileg, mint láttuk, Moore egy megfigyelését írta le, és valószínűsítette, hogy a felismert tendencia tartósan fennáll majd. Az évek, évtizedek során azonban a Moore-törvény szerepe megváltozott, lassan fejlesztési igényként, célként, elérendő eredményként kezdett szerepelni. A gyártók úgy gondolkoztak, hogy a versenytársak bizonyosan produkálják majd két év alatt a tranzisztorszám duplázódását, ezért nekik sem szabad lemaradniuk! És a hajdani jóslatból kötelező követelménnyé vált Moore törvénye, egy önbeteljesítő jóslattá. A félvezetőipar számára rendkívül nagy hajtóerőt jelent a törvény, de ugyanakkor hatalmas nyomást is!

Egy-egy új technológiai szint, mérföldkő, technológiai csomópont tranzisztorának kifejlesztése 3-5 évet vesz igénybe (és hatalmas mennyiségű pénzbe kerül). Ha egy gyártó az ehhez szükséges fejlesztési ütemtől elmarad, később fog megjelenni a piacon az új processzorával, vagy ha betartja az időtervet, akkor nagyobb méretűek lesznek a tranzisztorai, vagy lassúbbak, a processzorok hatékonysága nem lesz megfelelő. Mindez oda vezethet, hogy az új termék eladhatatlan lesz a piacon, a cégnek óriási lesz a vesztesége, még egy esetleges csőddel is számolnia kell.

Az Intel a többi gyártónál is nagyobb fontosságot tulajdonított a törvény teljesülésének, amihez hozzájárult a vezetőségben szereplő Moore tekintélye is. Egyes esetekben, amikor veszélyben volt a tranzisztorszám kellő növekedése, a rossz nyelvek szerint a törvény teljesülése érdekében integrálták be a processzorokba a cache memóriákat, később ezért alkották meg a többmagos processzorokat. A SIA, ITRS, IRDS keretein belül az Intelnek nagyon nagy szava volt és van, így természetes, hogy a Roadmap tanulmányokban leírt jövőbeli technológiák is a Moore-törvényhez igazodtak.

A Moore-törvény pedig már több mint ötven éve működik (**26. ábra**). Időközben új cégek jöttek létre, mások megszűntek, a legnagyobbak pedig (egymás eredményeire féltékenyen figyelve) újra és újra teljesítik, esetenként túlteljesítik a következő előírt technológiai szintet, az előírt határidőre.

Esetenként megtorpan a fejlesztő tevékenység, úgy tűnik, hogy a következő mérföldkőnek megfelelő technológiát nem lehet az előírt időre megvalósítani. Jelenleg a 7 nm-es mérföldkő elérése okoz gondot a fejlesztőknek. Két technológiai lépés megoldása kérdéses, az EUVL (Extreme Ultraviolet Litography, extrém UV litográfia), ami a gyártási rajzolatok finomságához szükséges, valamint a 450 mm-es szeletek sorozatgyártása. Utóbbi azért szükséges, mert a 7 nm-es processzorok a „hagyományos" 300 mm átmérőjű szeleteken nem gyárthatóak gazdaságosan. A szeletgyártók jelenleg úgy látják, hogy 2015 helyett leghamarabb 2022-re képesek ilyen méretű szeleteket előállítani. Márpedig az IRDS Roadmap előírja ezeknek a megoldását, mint a 7 nm-es technológia alapfeltételeit. Korábban is voltak ilyen pillanatok, amikor megoldhatatlannak tűnt a következő szint elérése, de eddig mindig sikerült egy nagy ötlettel átsegíteni a gyártókat a problémákon. Ilyen helyzet volt annak felismerése, hogy a 2D jellegű, planár tranzisztorok zsugorítása nem megoldható. És ekkor megszületett a 3D MOSFET, és folytatódhatott az exponenciális ütemű fejlesztés.

Ha az EUVL alkalmazását nem sikerül rövidesen megoldani, tartalék megoldásként a többszörös litográfia megmentheti átmenetileg az új technológiát. A megfelelő vékonyságú vonalakat úgy alakítanák ki a csipek felületén, hogy a mintákat (amik a kívántnál szélesebb vonalvastagságúak) egymás után több lépésben vetítik a csipre, az egyes kivetítéseket pontosan pozícionálva. Így az eredő mintázat kétszeres, négyszeres, nyolcszoros finomságú lesz, bár a litográfia felbontása csak a korábbi technológiának megfelelő. (A kétszeres litográfia már a 20 nm-es szintnél sikeresen vizsgázott). Az előírt szeletméret megoldására még nincs „B terv". Elképzelhető, hogy valamelyik technológiai lépéshez olyan új változatot dolgoznak ki, ami lehetővé teszi a 7 nm-es processzorok gazdaságosabb előállítását, akár a 300 mm-es szeleteken is. A gyártók, a laboratóriumok megfeszített erővel dolgoznak a megoldásokon. Mert a Moore-törvénynek teljesülnie kell!

A fogyasztók nem foglalkoznak Moore törvényével. Számukra a törvény és a teljesítésére irányuló hatalmas erőfeszítések abban jelentkeznek, hogy folyamatosan, néhány évente nő a megvásárolható számítógépek teljesítménye, sebessége és fajlagosan olcsóbbá válnak. A növekedés üteme pedig a

felhasználók számára is érzékelhetően exponenciális, azaz egyre gyorsuló.

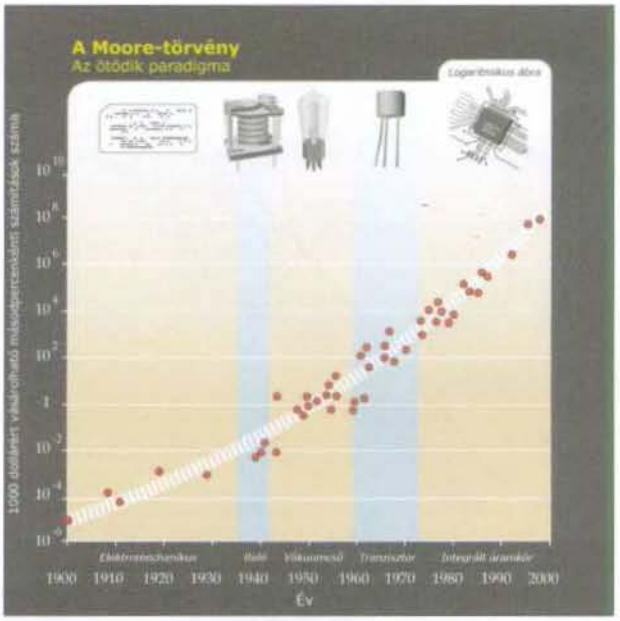
4.3. Közeleg a Moore-törvény halála?

Érdekes felvetés az, hogy mi tartja életben, mi működteti a Moore-törvényt! Maga Moore 1970-től 20 évet szánt arra, hogy megtalálja a választ, a mikroelektronikai fejlesztések exponenciális jellegét kiváltó mélyebb okot. Végül feladta a kutatásait, nem jutott eredményre. A szakmai közvélemény viszont egy érdekes választ ad a kérdésre. Sokak szerint egyre nyilvánvalóbb, hogy az óriáscég, az Intel létezésének alapeleme a Moore-törvény. Már régen nem arról van szó, hogy továbbra is teljesül a törvény, hanem sokkal inkább arról, hogy a gyártók, élükön az Intellel teljesítik azt, a következő szinteket. Nem a fejlődés tapasztalható trendjét írja le, hanem előírja a teljesítendő fejlesztési eredményeket. Tulajdonképpen ezt a működési jelleget írtuk le korábban, mint önteljesítő jóslatot.

A törvény igen nagy tiszteletnek örvend a Szilíciumvölgyben. Olyan törvénynek tekintik, amelyik világosan megmutatja a teendőket és garantálja a sikeres eredményeket. Nincs más hasonló törvényszerűség az üzleti világban, ráadásul ez éppen a legnagyobb, trillió dolláros üzletágban érvényesül.

Mint már említettük, többször előfordult az utóbbi 50 évben, hogy a CMOS processzorok fejlesztői úgy vélték, a technológiai ütemtervek következő lépcsőfokát nem lehet elérni, legalábbis a tervekben szereplő időpontra nem. Ilyen esetekben sokan a Moore-törvény megszűnésével riogatták a közvéleményt. Azután a mikroelektronikai ipar valahogyan mégis túllendült a problémákon. Az viszont nyilvánvaló, hogy az exponenciális fejlődés nem tartható fenn korlátlan ideig. Maga Moore is nyilatkozott erről egy 2005-ös interjúban. A szakadatlan ütemű fejlődés egyszerűen nem folytatható, mondta, amikor a tranzisztorokban levő alkotóelemek (pl. a csatorna, a gate) vastagsága atomi méretűvé válik. Ezt a nézetet sokan mások is vallják. A szilícium alapú, CMOS jellegű elektronika jövőjével foglalkozó kutatók szerint, ha nem történik forradalmi változás a technológiában, akkor a törvény 2020-ig lehet érvényben. Eddigre csökken ugyanis a tranzisztorok mérete az egy-két atomos tartományba, amely ennek a technológiának a végét jelenti.

Más véleményen van *Raymond Kurzweil* amerikai jövőkutató. Szerinte a Moore-törvény, a „gyorsuló eredmények törvénye" egy olyan alapösszefüggés, ami azóta érvényes a gépi számítások hatékonyságának fejlődésére, mióta ilyen eszközök egyáltalán léteznek. Kurzweil a Moore-törvény ismert ábrázolásainak elméleti vonalát 1890-ig visszamenőlegesen meghosszabbította, s bebizonyította, hogy a korai számítástechnikai eszközök jó közelítéssel illeszkednek a törvényhez. Elkészítette az „Ezer dollárért vásárolható másodpercenkénti számítások száma" grafikont (**27. ábra**), amin bejelölte pl. az 1890-es amerikai népszámláláskor használt Hollerith-féle mechanikus gépet, a jelfogókkal, majd az elektroncsökekkel készült számológépeket, a tranzisztoros, majd az integrált áramkörös számítógépeket, végül a processzoros eszközöket. Az ábrázolás egyértelműen igazolja, hogy a gépi számítástechnika 1965 előtti alakulása is engedelmeskedik a Moore-törvénynek! Az alkalmazott technológiák természetesen minden esetben a kor ipari színvonalának feleltek meg. Mindebből azt a következtetést vonta le, hogy a CMOS technológia el fog tünni, de a Moore-törvény tovább él, a számítástechnika gyorsuló fejlődése nem áll meg.



27. ábra

Kurzweil eredményei olyan meggyőzőek, hogy elterjedt egy új nézet is, amelyik szerint az összes ipari technológia engedelmeskedik a Moore-törvénynek. Ez természetesen tévedés. Ha pl. a gépkocsik gyártása területén is ez a törvényszerűség hatna, az útjainkon 3-4 mm hosszúságú autók száguldoznának 1 millió km/h körüli sebességgel...

Lawrence Krauss és *Glenn D. Starkman* amerikai „jövőelemzők" szerint a Moore-törvény működési ideje 600 év, ahogyan ezt *Universal Limits of Computation* című munkájukban 2004-ben kifejtették. Eredményüket az univerzumban lehetséges rendszerek teljes információtartalma, információfeldolgozási kapacitása alapján határozták meg.

Sok elemző „földhözragadtabb" problémák miatt jósolja a Moore-törvény halálát az elkövetkező 10-15 éven belülire.

Az első problémakör a mikroelektronika technológiájához kötődik. A legjelentősebb problémák a parazita ellenállások és kapacitások értékének folyamatos visszafogása, a kis méretű elemek (gate, csatorna) viselkedésére ható kvantummechanikai hatások kezelése. Ezzel kapcsolatosan fokozódó nehézségeket jelent a megtervezett tranzisztorok paramétereinek kiszámíthatósága, a működés szimulálása, a legyártott és a tervezett tranzisztorok adatainak eltérése, kis gyártási szórás elérése. További feladatok a tranzisztorok elektrosztatikus tulajdonságainak beállítása, a tápellátás megfelelő kialakítása, a termelődő hő leadásának biztosítása, a költségek alacsony szinten tartása.

Más elemzők úgy vélik, hogy gazdasági okai lesznek a Moore-törvény érvényvesztésének. Felhívják a figyelmet arra, hogy a törvény szerinti mikroelektronika fejlesztések tőkeigényének a növekedése az USA GDP növekedési ütemének jelenleg már a hatszorosa, és tovább fog nőni. A fejlesztők ma azokon a csipeken, tranzisztorokon dolgoznak, amik 4-5 év múlva kerülnek piacra, egy vagy két technológiai szint-ugrás, mérföldkőváltás követelményrendszerét kielégítve. A tőkehiány okozhatja a fejlődési ütem visszaesését.

Az ipari környezettel a mikroelektronika fejlődése nincs összhangban. Emiatt egy harmadik problémakör is megjelent, és növekvő mértékű feszültségeket okoz. Várható tehát az elemzők szerint, hogy hamarosan ezen a területen olyan ütemű fejlesztés lesz a jellemző, mint más iparágaknál, esetleg a túlpörgetett gépezet még nagyobb mérvű visszaesést is produkál majd. A gazdaságossági mutatók tartása egyre nagyobb gond. A fogyasztók oldaláról a Moore-törvény szerinti fejlesztés gazdaságosnak látszik, de a gyártók oldaláról ez nem egyértelmű. Ma már rendkívül költséges vállalkozás a törvény ütemezésének megfelelő fejlesztés, sok csipgyártó, laboratórium feladta a küzdelmet, megszűnt. A fejlesztés mai kihívásainak már csak a legnagyobb fejlesztő cégek képesek megfelelni az egész világon.

Ha végül az optimista álláspontok ellenére bekövetkezik a Moore-törvény elhalása, az nem jelenti az integrált áramkörök, a processzorok fejlődésének leállását. A törvényt sokan úgy jellemzik, hogy a számítástechnikai teljesítményt a nyers erő oldaláról ragadja meg, az alapkövek, a tranzisztorok szintjén. A további fejlődés az áramkörök hierarchiájának, képességeinek javulását helyezheti előtérbe. Már az Intel törekvéseiben is vannak jelek, amik arra utalnak, hogy a cég a sebesség hajszolása helyett a rafináltabb struktárális megoldások felé fordul.

A Moore-törvényt temető kutatók azt is felvetik, hogy el kellene kezdeni megtervezni a törvény elhalását, nem érheti váratlanul a félvezető ipart az ötven éve beidegződött rendszer összeomlása. Többször említettük, hogy a legnagyobb gyártók a jelenben hatalmas összegeket fektetnek be az 5-6 év múlva eladásra kerülő processzorokba. A fejlesztések, a tervezések, a gyártást előkészítő lépések a jövőbeli fogyasztóknak szólnak, a befektetések megtérülésére csak a jövőben lesz esély. Több milliárdos befektetések ezek, a jövőbeli sok milliárdos haszon reményében. Sok elemző szerint a 7 nm-es technológiai szint, mérföldkő az utolsó, amit a gyártók képesek kipréselni magukból. Ez még nem a sokat emlegetett fizikai határ, inkább gazdasági események következménye. Ha az innovációs lendület megtörik, nyugodtabb körülmények között lesz esély az 5 nm-es megoldások kifejlesztésére és alkalmazására is.

5. A CMOS áramkörök méretcsökkentése, a skálázhatóság

A laikusok a mikroelektronika fejlődését, a tranzisztorsűrűség növelését sokszor úgy képzelik el, hogy ehhez mindössze le kell kicsinyíteni a litográfiai mintákat. Egy ilyen lépés hatására a tranzisztorok, a csipek minden lineáris mérete azonos mértékben csökkenne. Már tudjuk, hogy használják ezt a megoldást, és zsugorításnak, vagy optikai zsugorításnak nevezik. De azt is tudjuk, hogy egy nem túl nagy értékű zsugorítás elfogadható eredményt ad, de ilyen módon folyamatosan nem lehet kicsinyíteni a CMOS áramköröket. Az állandó méretcsökkentés során a fő méretek lineáris csökkentésén túl további módosításokra is szükség volt, hogy működőképes, jobb minőségű áramköröket, processzorokat nyerjenek a gyártók. Az ilyen, egyre kisebb méretű tranzisztorokat eredményező, a minőséget javító lépéseket skálázásnak (scaling) nevezik. A CMOS áramkörök igen jól skálázhatók, amit bizonyít, hogy az 1960-as évek 10 um-es vonalvastagságú tranzisztoraitól már eljutott a fejlődés a 7 nm-es technológia küszöbére.

A CMOS áramkörök skálázhatósága a Moore-törvény teljesíthetőségének az egyik kulcsfontosságú fejlesztési eleme, a technológiai fejlesztési tervekben szereplő követelmény-ugrások megvalósításának elsődleges feltétele.

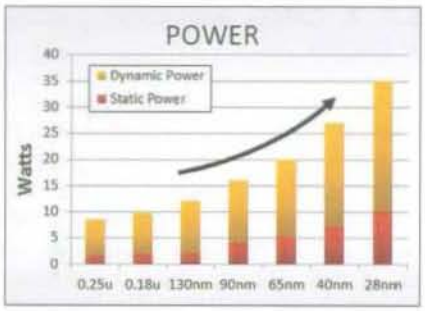
A scaling a méretcsökkentés kényszeréből fakadó tervezési programok és megoldások története. Az 1965-ös 10 um-es (10 000 nm-es) vonalvastagságtól igen messze kerültek a mai CMOS processzorok, a tranzisztorok jellegzetes méretei nagyságrendileg 10 nm körülivé váltak. A méretek érzékeltetésére következzen néhány adat. Az emberi hajszálak átmérője 0,017...0,2 mm, azaz 17 000...200 000 nm között változik. Az influenza vírusa kb. 100 nm átmérőjű. A DNS sokak által ismert összecsavarodott molekulájának az átmérője tipikusan 15 nm.
Az egyszerű zsugorítást az 1960-as évek végén kis- és közepes integráltságú CMOS csipek kisebb méretű megvalósítására alkalmazták először, az LSI áramköröknél általában a kicsinyített eszköz tranzisztorait többé-kevésbé módosítani is kellett. Mindenesetre már az 1970-es években felismerték a kutatók, hogy az alapvető CMOS-struktúra kisebb méretekben is elkészíthető, azaz ez az áramkörtípus jól skálázható.

5.1. A CMOS áramkörök „tiszta" skálázása

Ha egy processzor MOSFET-jét egyszerűen, azaz „tisztán" lekicsinyítik (zsugorítják), annak minden lineáris mérete azonos mértékben csökken. Ez a változás a hosszúsági adatokon kívül számos más paraméter változását is maga után vonta. Ezek egy része hatékonyabbá, kedvezőbbé tette a tranzisztort, pl. a területe a lineáris csökkentési arány négyzetével lett kisebb. Ha a hosszúsági adatok 0,7-szeres értékűek lesznek, a terület felére csökken (ez az alap mikroelektronikai mérföldkő-sorozat egyes csomópontjainál bevezetett kicsinyítési mérték). Megjelennek viszont olyan változások is, melyek a tranzisztor hatékonyságának romlását eredményezik, esetleg a tranzisztorra, a csipre nézve veszélyt is jelenthetnek (pl. átütési hajlandóság, túlmelegedés). A 0,7-szeres hosszúságváltozáshoz a skálázási faktor, azaz az α 1,41-es ($\sqrt{2}$) értéke tartozik.

Általában, ha a skálási faktor α, egy korábbi lineáris L méret a kicsinyített tranzisztorban L/α értékűre változik. Ilyen arányban változik pl. a csatorna hosszúsága, vagy a gate oxidrétegének a vastagsága, a source és a drain rétegek vastagsága, a gate kapacitás értéke, a gate jelkésleltetési ideje is. A változatlan elektromos térerősség biztosítása érdekében ugyanilyen arányban a tápfeszültséget is csökkenteni kell, ezzel a tápáram is csökken ugyanilyen arányban, a tranzisztor teljesítményfelvétele pedig α^2 arányban lesz kisebb. A szubsztrát eredeti N adalékoltságát meg kell növelni $\alpha \cdot N$ értékűre. Az új tranzisztorokból készített csipben a tranzisztorok sűrűsége α^2-szeresre nő, a működési frekvencia pedig 1,5 α-szoros értékre változik.

Ha ilyen teljesen tiszta skálázással állították volna elő az újabb és újabb technológiai mérföldkövek tranzisztorait, egyes kellemetlen jelenségek igen zavaró mértékben megnőttek volna. Az egyre kisebb tápfeszültség már kevésbé biztosította volna a tranzisztorok működését, ha nem csökkentik, akkor viszont nő a gate szigetelés átütésének veszélye, több szivárgási áram típus (pl. a gate-szubsztrát közötti, a source -drain közötti) erőteljesen megnő. Utóbbi a drain és a source közötti távolság, azaz a csatornahossz csökkenése miatt következik be (rövid csatorna effektus). 100 nm-es lineáris méretek alatt megjelennek és egyre határozot-



28. ábra

tabbá válnak a kvantumjelenségek, elsősorban az alagútáramok. A csatorna térfogata vészesen csökken, a kapcsolható áram értéke kicsivé válik. A gate-szigetelés atomi méretűvé válik, így gyakorlatilag elveszíti szigetelőképességét. A 26 mV-os termikus feszültség 5 V-os vagy 3,3 V-os tápfeszültség esetén elhanyagolható áramváltozásokat okoz, elsősorban a 0 V-os vezérlésnél. A 200 mV-os tápfeszültségnél viszont ez a hatás relatíve jelentőssé válik.

Egyéb hatások is befolyásolták a skálázási folyamatot. A processzorok fejlődésének első két évtizedében a gyártóknak el kellett fogadniuk azt az általános követelményt, hogy az integrált áramkörök tápfeszültségének, legyenek azok memóriaelemek vagy processzorok, +5 V-nak kellett lennie, a TTL kompatibilitás biztosítása érdekében. Így a skálázás során a tápfeszültséget nem módosították. Ez növekvő szivárgási áramokhoz, nagy tápáramhoz, jelentős disszipált teljesítményhez vezetett. 1990-ben már tarthatatlanná vált a helyzet, át kellett térni az alacsonyabb tápfeszültség alkalmazására, azóta pedig folyamatosan tovább is kellett csökkenteni.

A tiszta skálázás alkalmazását nehezítette az is, hogy jelentősen nőtt a drain és a source térfogat ellenállása. A gate szigetelésben a korábbi, jelentős vastagságnál még nem számottevő problémák (a szivárgási áramok, a szubsztrát, a source és a drain egyenlőtlen adalékolásának hatásai, a csatorna vezérlése egyetlen oldallapja felől) kezdtek meghatározóvá válni, működési instabilitásokat okozva. Gondok jelentkeznek a tranzisztorokon belüli összeköttetéseknél, a fémezésnél (növekvő ellenállás, plusz hőtermelés), a kontaktusok kialakításánál. Az eredeti MOSFET-ek alapvető jó tulajdonsága, az, hogy kikapcsolt állapotban nem folyik rajta keresztül áram (amiből az integrált áramköröknek az a viselkedése következett, hogy statikusan nem vettek fel tápáramot), kezdett eltűnni! A 45 nm-es, 20 nm-es technológiáknál ez a kedvező viselkedés tiszta skálázás esetén már el is tűnne, a processzorok fogyasztása jelentősen megnőne nyugalmi állapotban is.

A teljesen tiszta skálázás alkalmazása tehát gyakorlatilag megoldhatatlan, ezért a fejlesztők a tranzisztorokon kisebb módosításokat hajtottak végre. Ezekkel igyekeztek a méretcsökkentés negatív hatásait kiküszöbölni. A **28. ábrán** viszont láthatjuk, hogy kiküszöbölés helyett általában csak a negatív hatás csökkentését lehetett elérni. Az ábráról leolvasható, hogy a statikus és a dinamikus teljesítményigény hogyan változott a tiszta skálázás alkalmazásának időszakában.

5.2. Nem tiszta skálázás, újszerű tranzisztorstruktúrák alkalmazásával

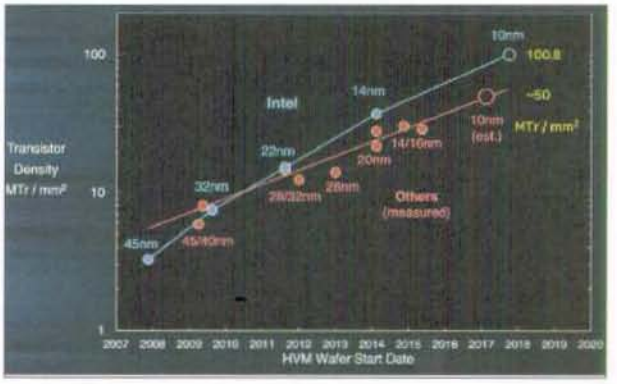
A kisebb módosításokkal a tranzisztorok paraméterei, a hatékonyságuk kedvezőbbé tehetőek, de a 20 nm-es technológiai szintnél ez már kevésnek bizonyult. Ekkor jelennek meg az új struktúrájú 3D MOSFET-ek, a FinFET és utódjai. Vitatható, hogy egy 32 nm-es hagyományos MOSFET-ekből álló CMOS kapcsolás áttervezése FinFET-ekre skálázásnak minősül-e, vagy a MOSFET-alapú CMOS megoldás végének. Mindenesetre a szakma elfogadta ezekre az új tranzisztorokra épülő áramkörökre, hogy azok, ha nem is tisztán, de skálázással készültek. Így a CMOS áramkörök nimbusza megmaradt, a legjobban skálázható áramkörökként tekintenek továbbra is rájuk.

A legfontosabb feladat egy-egy újabb technológiai mérföldkő kialakításakor a tranzisztorsűrűség megkétszerezése. A legnagyobb problémát a tiszta skálázásnál a source, a drain, a csatorna térfogatának erőteljes csökkenése, a gate szigetelés vékonyodása okozta. Amikor a source-csatorna-drain térfogat kiemelkedett a szilíciumszelet felszíne fölé, fellélegezhettek a fejlesztők, hiszen függőlegesen felfelé korlátlan nagyságú tér állt rendelkezésükre. Nem volt már szükség arra, hogy az új MOSFET minden lineáris méretét $\sqrt{2}$-ed részére csökkentsék, anélkül is biztosítha-

29. ábra

tóvá vált a kétszeresre növő tranzisztorszám. A FinFET keskeny téglalapja az egyes technológiai csomópontokhoz illeszkedve mind magasabbá vált (**29. ábra**), így a source, a drain, a csatorna térfogatát nem kellett erőteljesen csökkenteni. Nem nőttek túlságosan a source, a drain ellenállásértékei, a parazita kapacitások és a szivárgási áramok értékét is kézben lehetett tartani. A kétszeres gate után a háromszoros, majd a csatornát teljesen körülvevő gate úgy tudja jelentősen megnövelni a FinFET hatékonyságát, hogy ehhez nem kellet a területigényét megnövelni. Hasonlóan kedvező hatása van a többszörös gate-nek, a többszörös fin-nek.

Az Intel CMOS processzorai ilyen fejlesztési utat bejárva érték el 2020-ra a 10 nm-es technológiai mérföldkő követelmény szintjét. A 10 nm-es Intel csipeken a tranzisztorsűrűség már 100 millió tranzisztor/mm^2 (10 éve, a 45 mm-es technológia idején a mm^2-enkénti tranzisztorszám még „csak" 3,3 millió volt)! A nemzetközi fejlesztési követelményeket előíró tervszámok az újabb és újabb technológiai csomópontokra kétszeres tranzisztorsűrűséget írnak elő. Az Intel már a 22 nm-ről 14 nm-re váltásnál is 2,5-szeres arányt tűzött ki maga elé célul, a 14 nm-ről 10 nm-re lépésnél pedig 2,7-es arányt. Ezt, a normál skálázási ráta feletti fejlesztést a cég hiperskálázás néven reklámozza. Ennek eredményeként az Intel technológiai tervszámaihoz egyre inkább nagyobb tranzisztorsűrűség tartozik, mint a konkurens cégeknél (**30 ábra**).



30. ábra

31. ábra

Ugyanakkor a szédítő ütemű fejlesztés problémái az Intelnek is tudnak gondot okozni. A 10 nm-es szinthez szükséges EUV litográfia, mint említettük, a gyártósorokon még nem működik. A hagyományos, 193 nm-es UV fénnyel végrehajtott fotolitográfiának a felbontását a cég négyszeres mintázattal igyekszik elérni a 13,5 nm-es EUV használatbavétele előtt (ez már közel röntgensugárzás)!

Az Intel biztos abban, hogy az új technológiai mérföldköveket meg tudja valósítani. A hatalmas beruházási költségeken túl még egy, mára már elismert gondja van, a fejlesztésre előírt időtartamok még az óriásvállalat számára sem tarthatóak be. Azért, hogy a felhasználóknak ne kelljen az egyes szintváltásoknál megszokott időtartamoknál hosszabb ideig új processzortípusok nélkül meglenniük, az Intel is alkalmazza a csomópontok megbontását. Így, mielőtt a 10 nm-es technológiával piacra lépne, már két újdonság-sorozatot is kibocsátott a 14 nm-es processzorok után (14 nm+ és 14 nm++). Hasonló módon kívánják előkészíteni a 7 nm-es szintet is, majd az 5 nm-eset (**31 ábra**).

6. Összefoglalás helyett

Sorozatunk első részében megismerkedtünk a CMOS áramkörök felépítésével, tulajdonságaival. Bemutattuk, hogyan törtek élre a CMOS digitális integrált áramkörök, milyen utat jártak be a CMOS LSI csipek megjelenéséig. A második részben a 21. századi CMOS fejlesztéseket vizsgáltuk meg, láttuk a processzorok újdonságait, majd a fokozatosan kisebbedő, de növekvő hatékonyságú CMOS tranzisztorokat. Felfedeztük a nemzetközileg elfogadott fejlesztési ütemtervek exponenciális követelményeinek mozgató erejét, a Moore-törvényt, majd megismertük a törvény betartásának alapvető eszközét, a CMOS tranzisztorok és csipek skálázását.

A tervezett harmadik részben fogjuk bemutatni, hogyan lehet a szilícium CMOS processzorok tranzisztorait továbbfejleszteni, s ha már a fejlesztés nem tudja majd kielégíteni az igényeket, milyen felépítésű újszerű tranzisztorokra lehet számítani. Végül néhány gondolat erejéig azt is megvizsgáljuk, hogy mi következhet a CMOS áramköri technológiák után.

Felhasznált irodalom:

1. Dr. Madarász László: A digitális CMOS áramkörök megjelenése, első 30 éve. Rádiótechnika Évkönyve 2019. 105-137. o.
2. https://www.wikipedia.org/
További források: a megemlített gyártók hivatalos web-oldalai

A vezetékes rádió (1947-1965)

Dr. Fábián Tibor okl. villamosmérnök, itaf70@gmail.com

Az 1950-es évek hazai rádiózásáról viszonylag kevés megbízható szakmai információ jelent meg. Ez fokozottan érvényes a vezetékes rádióra. A nyomtatott és az internetes források egy része ellentmondásokat, téves adatokat tartalmaz. A téma teljes körű elemzéséhez mindenképpen szükséges a kor történelmi hátterének felvázolása, hiszen ennek ismerete nélkül sok intézkedés, gyártmányfejlesztés érthetetlennek, céltalannak tűnhet. Néhány műszaki adatot például az MDP bizottságainak feljegyzéseiből, a minisztériumokhoz beadott javaslatokból, az MTI napi híreiből lehet csak „kibányászni". Ennek eredményét kívánjuk most a T. Olvasókkal megosztani.

Történelmi előzetes

Az 1947. augusztus 1.-vel induló első hároméves terv a korabeli híradások szerint „Magyarország demokratikus rendjének megszilárdítását", „a háborús károk és pusztítások sújtotta magyar gazdaság talpra állítását", a háború előtti életszínvonal elérését, az ipari termelés növelését tűzte ki célul. A koalíciós pártok által kidolgozott és elfogadott tervet megelőzte a forint fizetőeszköz és az alapvető élelmiszerekre vonatkozó jegyrendszer bevezetése, a nagyvállalatok államosítása, a szövetséges hatalmakkal a békeszerződés megkötése. 1948-ban tovább folytatódott az üzemek államosítása, a „fordulat évében" fuzionált a Szociáldemokrata Párt és a Magyar Kommunista Párt, s megalakult a Magyar Dolgozók Pártja (MDP). A hároméves tervet két és fél év alatt teljesítettnek tekintették (**1. ábra**), így 1950. január elsejével ötéves terv indult az „ország szocialista iparosítására, a nehéz- és a gépipar, a honvédelem fejlesztésére, a mezőgazdasági elmaradottság megszüntetésére", faluvillamosítási program végrehajtására. (1949-ben csak az ország lakásainak 46%-ában világították villannyal.)

1. ábra. REMIX reklám. [Rádió és film Technika. 1949. 2. 43. o.]

2. ábra. Philips309A. [www.radiomuzeum.hu]

A hazai rádiózás fejlesztési koncepciójának meghatározásakor elsődlegesen az ideológiai szempontok domináltak, a gazdaságossági kérdések másodlagosak voltak, s legfeljebb csak a szakmai szervezetek megbeszélésein, vitáiban kerültek napirendre. Például a Magyar Mérnökök és Technikusok Szabad Szakszervezetében kezdeményezett 1947. évi eszmecserén – a *Magyar Híradástechnikában* megjelent cikk szerint – elsősorban a 2 vagy 4 csöves telepes „falurádiók" táplálásának, üzemeltetésének kérdésével foglalkoztak.

Az MDP hatalomra jutása, pozíciójának megerősödése viszonylag hosszabb ideig tartó folyamat volt, ezért a harmadik világháborúra való készülődés, a hidegháborús évek és az „információs vasfüggöny" kiépítése alatt számtalan egymásnak ellentmondó intézkedés született. Ezek többsége azonban a központilag irányított információszolgáltatást célozta, az ideológiai harcot „az imperialisták belső és külső ügynökei, diverzánsok, kémek", az Amerika Hangja rádió „fellazító taktikája" ellen.

Az MDP vezetősége és különböző bizottságai sokáig nem tudták eldönteni, milyen módon lehet a hazai rádióellátottságot növelni. A Posta vezetősége már 1946 novemberében kezdeményezte a Gazdasági Főtanácsnál az olcsó, sokak számára megfizethető vevőkészülékek, az ún. *népvevők* gyártását, de a tervből nem lett semmi. A *Rádió Technika 1947. évi 2. számában* arról írt, hogy a népvevő ügyével a Magyar Posta foglalkozik, a vállalatok felkészültek a gyártásra, a közönség „szívrepesve várja" az olcsó rádiót.

A néprádió gyártása nem volt minden előzmény nélküli. A *VE301 Volksempfänger*-t Göbbels utasítására a náci Németországban már 1933-ban kifejlesztették, öt évre rá a *DKE38 Deutscher Kleinempfänger* is megjelent. Idehaza a bakelitházas *Orion 011 „Horthy-néprádió"* és változatai 1939 őszétől voltak részletre megvásárolhatók.

A Posta 1948 nyarán 20 ezer „Európa-vevő népszupert" rendelt meg, elsősorban az Oriontól és a Magyar Philips Művektől, ám a készülékek csak középhullámú adók vételére lehettek alkalmasak. Az MDP Szervező Bizottsága a Posta rendelését vissza akarta vonatni, de ez már nem volt lehetséges, mert a gyártás előkészítése, az anyagok beszerzése megkezdődött. Végül az újonnan megalakult *Állam-*

3. ábra. Orion309. [www.bertibenis.it]

gazdasági Bizottság engedélyezte 20 ezer darab szuper legyártását 1950 végéig, azzal a feltétellel, hogy a rádiók „csak osztályszempontból megbízható személyeknek" adhatók el, illetve élmunkások, gépállomások, szövetkezetek, pártszervezetek számára utalhatók ki. Ebben az időben hazánkban mintegy 525 ezer, zömmel „külföldvevő" készülék volt üzemben, így a korlátozott vételkészségű új készülékek vásárlásának korlátozása az „ellenséges" külföldi adók hallgatását gyakorlatilag nem befolyásolta. A Philips már 1947 végétől gyártotta a *309A* típusú, fakávás, 2 W teljesítményű gerjesztett dinamikus hangszóróval felszerelt, 3+1 csöves vevőt (**2. ábra**), míg az Orion csak 1948-ban hozta piacra a *309* típust (**3. ábra**). A népszuper készpénzes vásárlás esetén 630 forintba került, 12 havi részletfizetés esetén pedig havi 60 (az első hónapban 70) forintot kellett fizetni.

A népszuperrel szemben az MDP Központi Vezetősége csak a hazai adókra fixen lehangolt néprádió fejlesztését preferálta. A követelményeket Tarján Rezső vezetésével a Híradástechnikai Ipari Központban dolgozták ki. A néprádióra kiírt tervezési pályázatot a *Rádió és film Technika 1948. novemberi száma* ismertette.

Az alumíniumházas *Orion313* típus 1949. év végi forgalomba hozataláról a *Rádió és film Technika 1950. januári száma* tudósított. A 3+1 csöves, kb. 1 W hangteljesítményű, az egyen- és váltóáramú 110 V-os hálózatról, ill. autótrafóval 220 V-ról táplált néprádió elsődlegesen három állomás vételére készült. A fix hangolás a Kossuth és a Petőfi rádió, valamint egy reléállomás vételét tette lehetővé. Az ún. „három gombos" típusnál (**4. ábra**) a Kossuth oszcillátor tekercséhez közelíthető-távolítható, a középső gombbal mozgatható rövidre zárt menet (alumíniumgyűrű) segítségével biztosították az

4. ábra. *Orion313*. [www.bertibenis.it]

5. ábra. *Philips313*. [www.bertibenis.it]

adók finomhangolását. A jobb szélső gomb a kapcsolós hangerő-szabályozó potenciométerhez, a bal szélső pedig az állomásválasztó kapcsolóhoz tartozott.

A rádiót *Philips313* (**5. ábra**), *Telefunken313NR, RÁVA313* jelzéssel is gyártották részben alumínium, részben fakávával. A hálózati 313-asból összesen kb. 150 ezer darab készülhetett el. A típuscsaládból ismert még a telepes *313B*, a lemezjátszós *313L*, az univerzális *313U* is.

A fakávás, két fixen beállított hazai adó vételére alkalmas, színüvegcsöves, csak váltóáramú táplálású *Orion115A* „Rákosi-néprádió" (**6. ábra**) – melynek tervezésében Barta István, az Orion műszaki igazgatója is részt vett – a Kádár könyv és az Orion jubileumi kiadványa szerint 1949-ben, más források szerint 1950-ben került forgalomba. Az Orion ebből a típusból 1950 és 1957 között sorozatban 500 ezer darabot gyártott, ez volt minden idők legnagyobb magyarországi szériája. Az *Orion115A* csövezése megegyezett a *313*-mal, az egyenirányítót kivéve. A 115A-t az '50-es években három fix adó vételére alkalmas kivitelben is gyártották. A telepes változat a *115B* típusszámot viselte.

Bár a néprádió kezelése egyszerű volt, előfizetése havi 10 forintba került, de üzemeltetése feltételezte a villamos hálózatot, ill. az anód- és fűtőtelepekről, az esetleges vibrátorról való rendszeres gondoskodást (Egy árjegyzék szerint a 22,5...120 V-os anódtelepek 24...90 Ft-ba, a 1,5 V-os fűtőtelepek 24...56 forintba, a 13...39 Ah kapacitású 2 V-os akkumulátorok 32...61 forintba kerültek.) A 12 havi 35 Ft/hó részletre, ill. 380 Ft készpénzért árusítható néprádiók belföldi értékesítését 1949 végétől a Villamoscikk- és Rádió-Kereskedelmi Nemzeti Vállalat végezte. A *Tények könyve* szerint az állami szektorban foglalkoztatott munkások és alkalmazottak havi átlagbére 1950-ben 683 Ft, 1952-ben 928 Ft, 1955-ben 1141 Ft volt, az állami gazdaságok, a termelőszövetkezetek dolgozói viszont csak az átlagbér 70...80%-át kapták.

Vezetékes rádió

A vezetékes rádió ősének a Puskás-Szmazsenka-féle *Telefonhírmondó* (1893) tekinthető. A távbeszélő készüléktől függetlenül működő Hírmondó a kezdetekben kül- és belföldi társadalmi és tőzsdei híreket továbbított, a későbbiekben a pontos időt is bemondták, zenét, színházi és operaelőadásokat közvetítettek. A rendkívüli, közérdekű hír továbbításának kezdetét kürtszerű búgó hanggal jelezték az előfizetők számára. (Lehet, hogy a vezetékes rádiónál ezért született meg az egyes erősítőkbe beépített elektromos gong, hogy ennek megszólaltatásával jelezzék a fontos bejelentéseket.)

A Telefonhírmondó hálózata a háború alatt semmisült meg. A vezetékes műsorszolgáltatás ennek ellenére pl. a kórházakban továbbra is megmaradt: az ágyak melletti kapcsolótáblán külön csatlakozó aljzat volt a fejhallgató számára (egyes helyeken még a '60–'70-es években is létezett az aljzat, csak éppen a fejhallgató hiányzott...).

A II. világháború előtt és után Európa több országában létesítettek vezetékes rádiórendszert, így pl. Szovjetunióban, Svájcban, Hollandiában, Angliában, Belgiumban, Németországban, Csehszlovákiában, Lengyelországban, Bulgáriában. Kínában a kulturális forradalom idején a telefonhálózaton, majd a '70-es évektől a kommunaközpontokat összekötő független vezetékrendszeren keresztül üzemelt a vezetékes rádió. A vezetékes rádióhálózatok egyes országokban még az 1980-as évek-

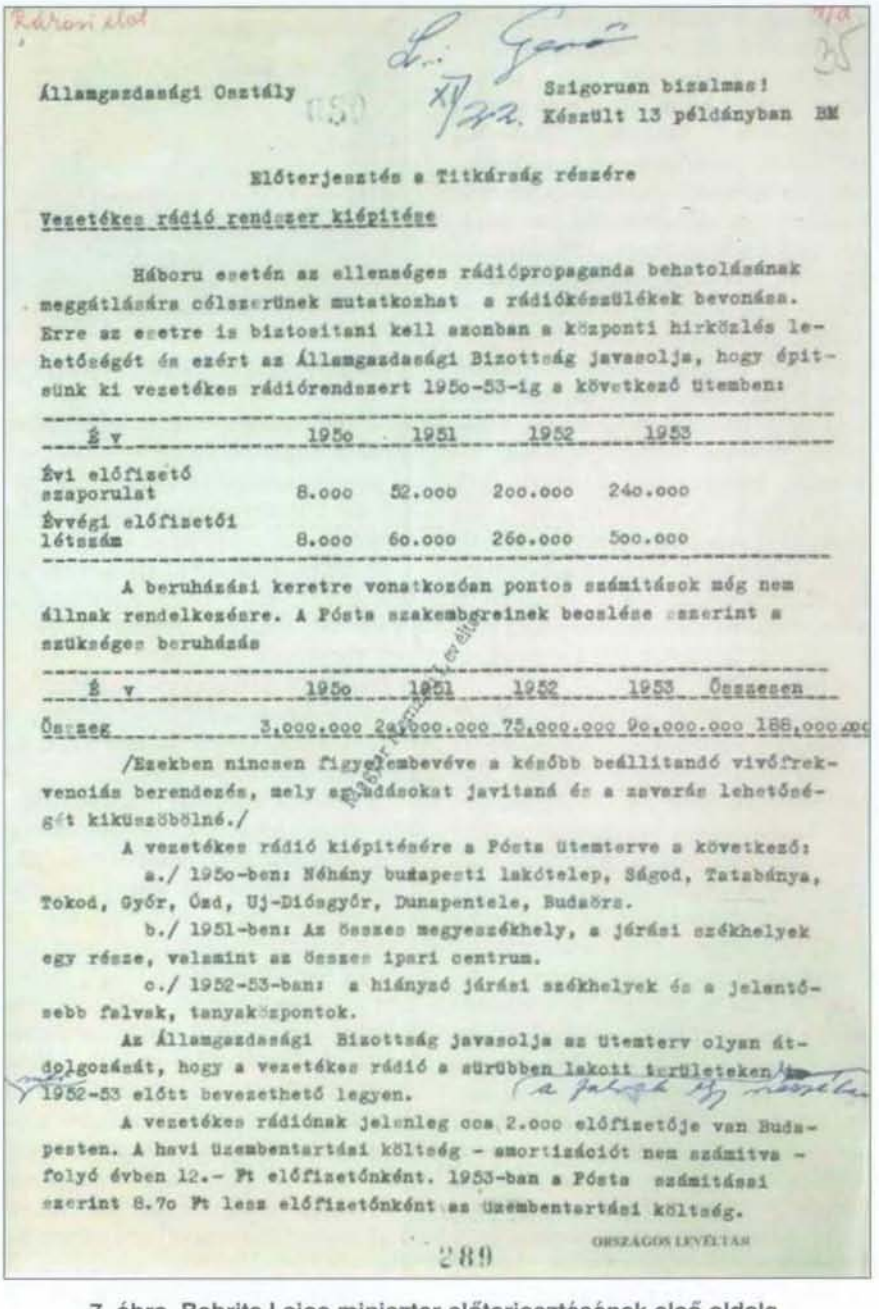
6. ábra. *Orion115A*. [www.bertibenis.it]

ben is működtek, feltehetően (gazdaság) politikai okokból.

A hazai vezetékes rádió – a korabeli kifejezéssel „huzalos rádió" – szükségességét *Zelenka László „A rádióhírmondó"* c. cikkében – korábban szerzett tapasztalatai alapján – kísérelte meg bizonyítani. Hangsúlyozta, hogy a vezetékes rádió beszerzéséhez, fenntartásához szükséges műszaki előfeltételek megteremtése jóval kevesebbe kerül, mint az ország teljes lefedettségét biztosító rádióadóknál; az egyéni készülékek kezelése, javíttatása is egyszerűbb. Az ország lakosságának 95%-a úgyis a hazai főadót hallgatja, s a falvakban, tanyákon, szétszórt településeken élők közül csak 1–2% hallgat rádiót. A vezetékes rádió helyi hírek közlésére is alkalmas, hangminősége jó, zenei közvetítésekre is használható. (Zelenka a 6...8 kHz sávszélességű telefonhálózatot felhasználó németországi vivőfrekvenciás vezetékes rádió ismeretében tette ezt a kijelentést). Gazdaságossági számításai nem voltak reálisak, nem számolt az országban uralkodó nyersanyaghiánnyal, a faluvillamosítási program nehézségeivel.

A vezetékes rádió kérdése 1948-ban került a politikai vezetés elé, de az ötletet annak jelentős költségei miatt ekkor még elvetették. Az Államgazdasági Bizottság 1949 márciusában ismét tárgyalt a vezetékes rádió bevezetésének előnyeiről és hátrányairól (zavartatás, rongálás, a beruházási költség előfizetőnként 200–400 Ft, a karbantartás előfizetőnként 3–4 Ft; elsősorban fa, réz, ólom importanyag lenne szükséges, a szerelői és karbantartói létszám szükséglet kb. 7–8 ezer fő). A Bizottság úgy döntött, hogy a kérdést az Iparügyi Minisztériumnak tovább kell vizsgálnia, Budapest néhány házában megkezdett kísérleteket azonban folytatni kell.

A Magyar Posta Budapesten 1949-ben kezdte meg a kísérleti vezetékes rádióhálózat kiépítését a *Posta Kísérleti Állomáson* kidolgozott tervezési alapelvek alapján, Kádár Géza – a rádiókapcsolásokat összegyűjtő könyveiről ismert postafőmérnök – irányításával. „Megszületett a Telefonhírmondó korszerű utódja: a hangszórós vezetékes rádió. Népi demokráciánkban a kultúra nem szűk rétegek kiváltsága, hanem a dolgozók közkincse. A kultúra közkinccsé tételében nagy szerep vár a rádióra. Annak érdekében, hogy minél több dolgozó jut-



Állampgazdasági Osztály

Szigorúan bizalmas!
Készült 13 példányban BM

Előterjesztés a Titkárság részére

Vezetékes rádió rendszer kiépítése

Háboru esetén az ellenséges rádiópropaganda behatolásának meggátlására célszerünek mutatkozhat a rádiókészülékek bevonása. Erre az esetre is biztositani kell azonban a központi hirközlés lehetőségét és ezért az Államgazdasági Bizottság javasolja, hogy épitsünk ki vezetékes rádiórendszert 195o-53-ig a következő ütemben:

É v	195o	1951	1952	1953
Évi előfizető szaporulat	8.ooo	52.ooo	2oo.ooo	24o.ooo
Évvégi előfizetői létszám	8.ooo	6o.ooo	26o.ooo	5oo.ooo

A beruházási keretre vonatkozóan pontos számitások még nem állnak rendelkezésre. A Pósta szakembereinek becslése szerint a szükséges beruházás

É v	195o	1951	1952	1953	Összesen
Összeg	3.ooo.ooo	2o.ooo.ooo	75.ooo.ooo	9o.ooo.ooo	188.ooo.ooo

/Ezekben nincsen figyelembevéve a később beállitandó vivőfrekvenciás berendezés, mely egyuddsokat javitaná és a zavarás lehetőségét kiküszöbölné./

A vezetékes rádió kiépitésére a Pósta ütemterve a következő:

a./ 195o-ben: Néhány budapesti lakótelep, Ságod, Tatabánya, Tokod, Győr, Ózd, Uj-Diósgyőr, Dunapentele, Budaörs.

b./ 1951-ben: Az összes megyeszékhely, a járási székhelyek egy része, valamint az összes ipari centrum.

c./ 1952-53-ban: a hiányzó járási székhelyek és a jelentősebb falvak, tanyaközpontok.

Az Államgazdasági Bizottság javasolja az ütemterv olyan átdolgozását, hogy a vezetékes rádió a sürübben lakott területeken 1952-53 előtt bevezethető legyen.

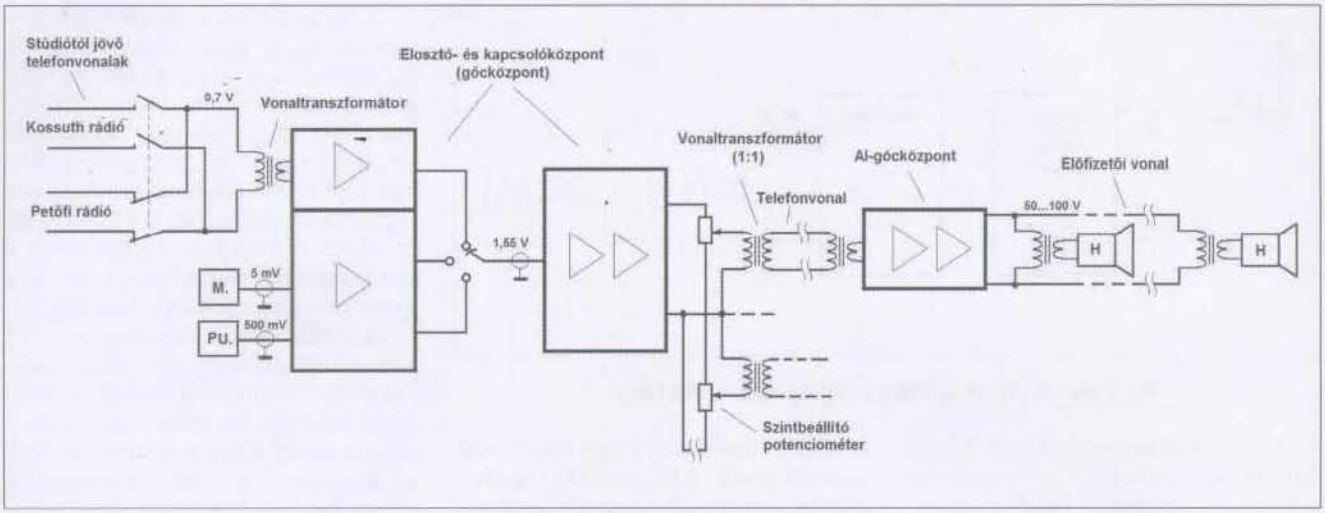
A vezetékes rádiónak jelenleg cca 2.ooo előfizetője van Budapesten. A havi üzembentartási költség - amortizációt nem számitva - folyó évben 12.- Ft előfizetőnként. 1953-ban a Pósta számitásai szerint 8.7o Ft lesz előfizetőnként az üzembentartási költség.

289

7. ábra. Bebrits Lajos miniszter előterjesztésének első oldala. [http://adatbazisok.online.hu]

hasson rádióhoz, egymás után hozták piacra a típusrádiókat. A rádiózás olcsóbbá tételében most újabb döntő lépés következik." Így harangozta be az MTI a Posta kísérletét a vezetékes rádió budapesti központjainak, a Pongrác úti lakótelepen és a Váci út 104. számú háztömbnél felszerelésre kerülő, 800–800 előfizetőt ellátó kísérleti erősítő központok létesítéséről [MTI belföldi hírek. 1949. júl. 27.]. A góckközpontok végül is 1949 decemberében léptek üzembe, mintegy 200–200 előfizetővel.

Az *MDP Titkársága* Bebrits Lajos közlekedés és postaügyi miniszter előterjesztése alapján – csak 1950. november 22-én hozta meg határozatát a vezetékes rádióhálózat országos kiépítéséről (**7. ábra**). A tervek szerint 1950-ben a hálózat kiépítését néhány budapesti lakótelepen (Százados-, Szörényi- és Béke úti lakótelep, Juranich-telep, Szapári- és Üllői úti lakóházak, Bécsi- és Pongrácz úti városi házak, Váci úti 7. és 13. számú házak, Wekerle-telep, Petőfi-tér), Tatabányán, Tokodon, Győrben, Ózdon, Diósgyőrben, Dunapentelén, Budaörsön, 1951-ben az összes megyeszékhelyen, a járási székhelyek egy részén és az ipari centrumokban, 1952–53-ban



8. ábra. A budapesti gócközpont és egy al-gócközpont rendszertechnikai vázlata az üzemelés visszajelzése és az algócok távvezérlése nélkül

a hiányzó járási székhelyeken és jelentősebb falvakban, tanyaközpontokban kívánták megoldani. A Posta az 1950–1953. évekre vonatkozó becslése alapján a szükséges beruházások összege összesen 188 millió forintot tett volna ki, az előfizetők számát 1950-ben 8 ezer, 1951-ben 60 ezer, 1953. év végére pedig összesen 500 ezer főben határozták meg.

A vezetékes rádió létrehozásának valódi célja az előterjesztés bevezetőjében található: „Háború esetén az ellenséges rádiópropaganda behatolásának meggátlására célszerűnek mutatkozhat a rádiókészülékek bevonása. Erre az esetre is biztosítani kell azonban a központi hírközlés lehetőségét és ezért az Államgazdasági Bizottság javasolja, hogy építsünk ki vezetékes rádiórendszert 1950-53-ig..." (Valami hasonló logika alapján történt az Arpanet/Internet létrehozása...)

A vezetékes rádió hálózatának egy adott területen való megvalósítását az illetékes megyei tanács javasolta, s a posta műszaki szakembereinek véleményezése után a közlekedés és postaügyi miniszter engedélyezte (attól függően, hogy mennyire „erős" volt a megyei tanács első embere). Így sok falu kapott térhangosító eszközöket: utcai hangszórókat és erősítőket, melyeket a gócpontokon, a helyi postán vagy a tanácsházán helyeztek el. Az egyéni hangszóróknak a lakásokban való felszerelését a postahivatalokban lehetett kérvényezni. A szerelés, a javítás vagy a készülékcsere ingyenes volt. A hangszóró és minden vezeték a Posta tulajdonában maradt, az előfizetőt csak a véglegesen megállapított 6 Ft előfizetői díj terhelte. (A vállalkozás már 1950 novemberében is veszteséges volt: egy hangszóró felszerelése mintegy 600 forintba került, és az előfizetőnként 10–16 Ft havi üzemben tartási költséggel szemben előbb 4, majd 6 Ft-ot szedett be az újonnan megalakított Vezetékes Rádió Üzemi Vállalat.)

A vezetékes rádió rendszere, készülékei, szerelvényei

A vezetékes rádió (Drahtfunk, wired radio) tulajdonképpen pont – sok pont (point to multipoint) struktúrájú, szimplex hangalapú vezetékes műsorszolgáltatás, melynél az adás helye és időpontja nem véletlenszerű, és a hallgató(k) helyhez kötöttsége sem előfeltétel.

Az elnevezés meglehetősen szerencsétlen, ugyanis az 1906. évi berlini Rádiótávíró Konferencián a „wireless" helyett hivatalosan először használt „radio" kifejezés a sugárzással kapcsolatos, H. Hertztől származó „electromagnetic radiation" kifejezés rövid alakja. Így a „vezetékes sugárzás" használata műsor továbbítására – véleményem szerint – értelmetlen.

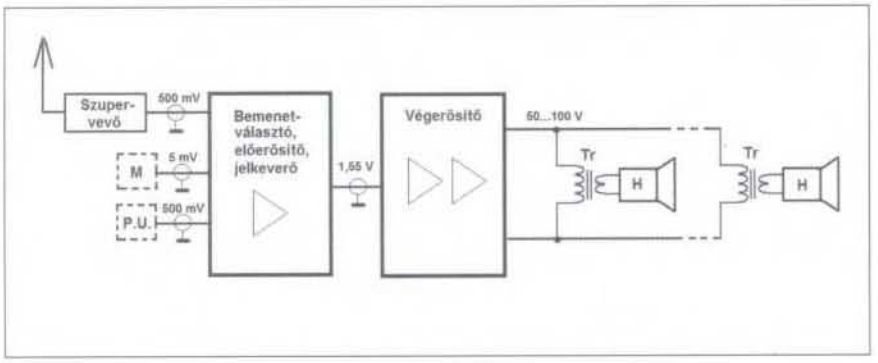
A hazai vezetékes rádióhálózat – a szovjet mintát követve – gócközpontokra épült. A rendszerben két műszaki megoldást alkalmaztak.

A *budapesti gócközpont* a műsort – a megfelelő minőségű zenei átvitelre alkalmatlan távbeszélő áramkörökön keresztül – közvetlenül a Rádió stúdiójától kapta, így szupervevőre nem volt szükség. A stúdióként is működtethető gócközpontból a jelforrások előerősített, kevert jelét teljesítményerősítés után ismételten telefonvonalon juttatták el az al-gócközpontokhoz, majd 50...100 V feszültségszinten, légvezetéken továbbították az előfizetői fogadópontokra (**8. ábra**). A szintet beállító potenciométer a gyakorlatban pár ohmos leágazásos (bilincses) huzalellenállás volt.

Az előfizetői hangszóró oldaláról történő rosszindulatú zavarás, rábeszélés, szabotázs ellen 3...8 előfizetőnként ún. előfizetői csoportos olvadó biztosíték alkalmazásával védekeztek. Budapest területén az algócpontok távirányítással, vagy időkapcsolóval működtek, 500 előfizetőnként 100 W-os erősítőket használtak. A Posta tervei között szerepelt a telefonhálózaton való vivőfrekvenciás műsortovábbítást is, ez azonban nem valósult meg, mivel a hazai telefonhálózat minősége és kiterjedtsége ezt nem tette lehetővé.

A központokban többnyire a *Rafilm100* típusú, 6+3 csöves, 100 W-os hangfrekvenciás ellenütemű teljesítményerősítőt használták (**9. ábra**), mely 110...240 V-os váltakozó áramú hálózatról működött. Két normálszintű (1,55 V-os) bemenete és két

9. ábra. *Rafilm100* végerősítő. [http://lazarbibi.hu/index.php, beag-tortenete]



10. ábra. A vidéki gócközpont tipikus felépítése

50 V-os vonalkimenete volt. A beépített Deprez-műszerrel a végerősítő csövek anódáramát lehetett ellenőrizni. A kisebb központokban a 25 vagy 50 W-os *Rafilm25, Rafilm50* két 50 V-os kimenetű, 4+1 csöves végerősítők is előfordultak. Ezeket a Budapesti Villamosgép- és Kábelgyárban gyártották le. Egy-egy 100 W-os erősítő elvileg 15–30 db 3...5 W hangszórót tudott ellátni, míg a 25 W-osra legfeljebb 4–8 db, az 50 W-osra pedig 6–12 db hangszóró csatlakoztatását javasolták.

A *Rafilm100* korszerűsített, 807 típusú végcsövekre alapozott 5+3 csöves változata az Audio Kino és Hangtechnikai Vállalat *AV601* és *AV602* típusa volt.

A *megye- és járási székhelyek, falvak, tanyaközpontok gócközpontjaiban* fixen beállított nagyérzékenységű szuperkészülékkel vagy az előerősítő-keverő kombinációba épített rádióadapterrel vették a hazai adók műsorát (**10. ábra**). A hangfrekvenciás jellel rendszerint 50 vagy 100 V vonalkimenetű, 100 W-os teljesítményerősítőket vezéreltek. Ennek jele szétosztó szerelvényen keresztül jutott a hálózatra, melyre az előfizetők hangszórói – illesztőtranszformátorok segítségével – párhuzamosan voltak felfűzve. A köztéri megafonokat, a faluközpontok oszlopokra szerelt tölcséres hangszóróit szintén így működtették. Főműsorként a Kossuth rádió műsorát, időnként a Petőfi rádió vagy a helyi adó műsorát adták. A központban legtöbbször lehetőség volt az egyéb forrásoktól (pl. mikrofontól, lemezjátszótól) származó hangfrekvenciás jelek előerősítésére, keverése, a forrás kiválasztására. Az előfizetői hangszóró gyakorlatilag megegyezett a budapestivel.

Az Audio első lemezjátszós többcsatornás keverője és teljesítményerősítője az *AE280* típus volt (**11. ábra**). Három fix frekvenciára (Kossuth, Petőfi, helyi közvetítő adó) beállított 2+1-es vevőből, öt csöves, hangszínszabályozós mikrofon- és lemezjátszó-előerősítőből, 50 W-os ellenütemű végerősítőből állt. Kimenetén 100 V-os szintet szolgáltatott, kikapcsolható ellenőrző hangszóróval rendelkezett. A készülékbe rugós előfeszítésű műanyag gombbal működtethető, acélhuzalt megpendítő elektromos gongot is beépítettek. (A gong szimbóluma a kapcsolási rajzokon egy kettős körben lévő bot-ütő. Az ábra magyarázata a Kádár könyvekben nem található meg.) Végerősítő nélkül került forgalomba a hasonló felépítésű Audio *AK302* típus. Ez három fix frekvenciára beállított 2+1-es vevőből és három csöves, hangszínszabályozós mikrofon- és lemezjátszó-előerősítőből állt. Ebben is volt gong. Kimenetén normálszintet szolgáltatott. A készülékbe lemezjátszót is beépítettek. Az AK302 módosított változata, az *AK303* típus előerősítője csak kétcsöves volt.

A gócpontokat általában a postahivatalokban, a tanácsházán helyezték el, kezelésüket legtöbbször mellékfoglalkozásban „megbízható" alkalmazottak (pl. postások, vasutasok, tűzoltók) végezték. Az erősítő gócokban levő erősítő berendezések távvezérlésének kérdését ugyan vizsgálták, de végül is a várható költségek és a telefonhálózat elégtelensége miatt a gyakorlati megvalósítás elmaradt.

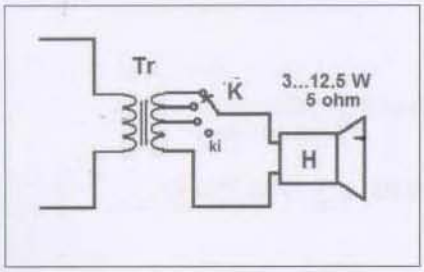
A vidéki előfizetőket döntően 2...3 mm-es ónozott acél-, ritkábban bronzhuzalból készült légvezeték kötötte össze a központtal, bár az egyes bizottsági határozatokban gyakran előfordult az alumínium vezeték használatának (erőszakolt) előtérbe helyezése. A huzalt a fa póznákon vagy a házak acélcső tetőtartóin levő két- vagy többágú szögvason rögzített – az energiaátviteli, a távbeszélő és a távíró hálózatoknál már évtizedek óta alkalmazott – porcelán harangszigetelőkre szerelték. A légvezetékről való leágazást már gumi szigetelésű kábellel oldották meg, s a padlástérbe való bevezetés után a szarufán vagy valamelyik gerendán csatlakozódobozt rögzítettek (**12. ábra**). Ebben a hálózati vezeték egyik ágát a szabotázs ellen biztosítóval (pl. 0,1...0,2 A-es szoffita skálaizzóval) védték, a másik ág pedig áthidalóval megszakítható volt. Innen kötötték be a hangszóró dobozt a telefonokhoz használt lapos kéteres szigetelt vezetékkel, az ún. kárpithuzallal.

Az előfizetők lakásában csak a fadobozba épített kapcsolós, illesztőtranszformátoros permanens dinamikus hangszóró volt felszerelve (**13. ábra**). A kapcsoló a hangszóró ki-bekapcsolását és a hangerő 4 vagy 6 lépcsős beállítását biztosította a transzformátor szekunder oldali leágazásainak

11. ábra. Audio *AE280*. [http://proelektronic.hu/media-gallery/]

12. ábra. Előfizetői csatlakozódoboz. [http://www.agt.bme.hu/]

13. ábra. Vezetékes rádió fali hangszóró doboza. [http://www.oldradio.hu/]



14. ábra. Az előfizetői hangszóró kapcsolása

átkapcsolásával. A primer tekercs állandóan a vonalra volt kapcsolva (**14. ábra**).

Az első, 240×240×130 mm méretű, kb. 2 kg tömegű hangszórós dobozokat minden valószínűség szerint a posta Vezetékes Rádió Üzemi Vállalata, illetve az Orion készítette, később a RAVEL (Rádióvételtechnikai és Elektroakusztikai Üzem), majd az Audio is gyártotta *HD102, 202, 303, 402* típusszámmal, 3, 5, 7 és 12,5 W-os permanens dinamikus hangszórókkal. A lakásokba rendszerint a 165 mm kosárátmérőjű, névlegesen 3 W-ot „tudó" dobozokat szerelték fel. (A források a hangszórók impedanciáját vagy nem közlik, vagy 3, 5, ill. 8 ohmot adnak meg. Az ebben az időben gyártott Orion rádiók 130...200 mm átmérőjű hangszóróinak impedanciája 4...5 ohm volt.)

A faluközpontok oszlopokra szerelt tölcséres hangszórói, a köztéri megafonok 12,5 vagy 25 W-os nyomókamrás permanens dinamikus oszlopsugárzók voltak. Ezeket az ún. Rákosi-tölcséreket (**15. ábra**) többnyire a Rafilm, ill. az Audio gyártotta (*HT415, HT425, HT505* típusok). Tömegük meghaladta a 10 kg-ot, például a *HT415* befoglaló mérete 590×590×750 mm-t tett ki. Egyes források szerint frekvenciaátvitelük hozzávetőlegesen 300 Hz és 4 kHz közötti lehetett.

15. ábra. Audio *HT415*. [https://www.facebook.com/beagkeszulekek/]

Epilógus

A vezetékes rádió kiépítése nem a terveknek megfelelően haladt. 1951-ben néhány budapesti lakótelepen, Dunapentelén (ma: Dunaújváros), Karcagon, Kisújszálláson, Túrkevén épült meg a hálózat. A súlypontot később a határ menti és a bányásztelepülések képezték. Önálló bányászrádiót hoztak létre Tatabányán, Komlón, Salgótarjánban. Naponta hosszabb, 90...120 perces önálló műsort adtak, több ezer emberhez szóltak. A rádió önálló műsort is szolgáltató vidéki stúdióinak (Nyíregyháza, Pécs, Győr, Miskolc, Szolnok) 1952–53. évi létrehozásához a vezetékes rádió is nagymértékben hozzájárult.

Az előfizetők száma gyorsan emelkedett. 1952. október 25-én Dunavecsén kapcsolták be a 100 000-ik, 1953. augusztus 20-án a Fejér megyei Igar községben a 200 000-ik előfizetőt.

A rádió és a vezetékes rádió ezerre kerekített előfizetői számának alakulását összefoglaló **táblázatból** látható, hogy a vezetékes „csúcs" 1956-ban következett be, ekkor 264 ezer háztartásban szólt a „doboz", ám az 1953. év végére tervezett 500 ezer főtől még ez is messze elmaradt [Lévai].

16. ábra. *Orion450 Iskolarádió*. [https://logout.hu/cikk/az_orion_gyar_termekei/]

Kialakult egy adott épületre vagy épületcsoportra kiterjedő vezetékes-rádió-változat is, a helyi stúdióval rendelkező, iskolában, kollégiumban, laktanyában vagy börtönben „nevelő" *hangos híradó*. A rendszerben az *Orion450*, majd az *Orion450M Iskolarádiót* használták (**16., 17. ábra**). A hálózati készülék csak a Kossuth, a Petőfi és a helyi adó műsorát tudta venni, 100 V-os kimenetére négy,

Év	Rádió előfizetők száma (ezer fő)	Vezetékes előfizetők száma (ezer fő)
1949	539	-
1950	618	1,6
1951	667	34
1952	766	121
1953	858	222
1954	1020	250
1955	1173	259
1956	1323	264
1957 (jún.)	1418	263

17. ábra. *Orion450M Iskolarádió*. [https://logout.hu/cikk/az_orion_gyar_termekei/]

egyenként ki-bekapcsolható hangszórót lehetett csatlakoztatni. A rádió belső hangszóróját erősítő üzemmód esetén mikrofonként lehetett használni. Lehetőség volt külső mikrofon és lemezjátszó csatlakoztatására is. Az iskolarádiókhoz ugyanazt az illesztőtranszformátoros hangszórót használták, mint a vezetékes rádiókhoz, azzal a különbséggel, hogy nem volt hangerőszabályozó kapcsoló.

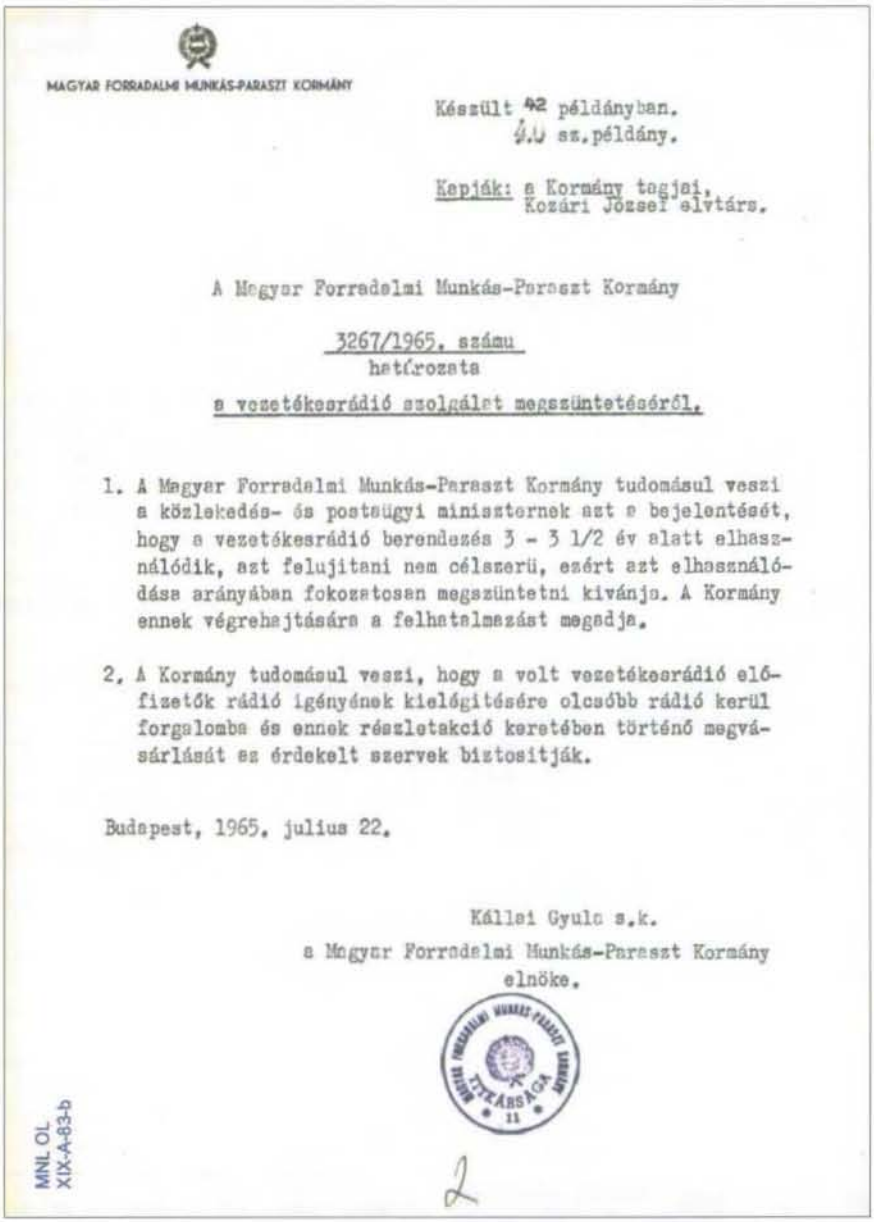
A Politikai Bizottság 1954. jan. 27-én tárgyalta a Közlekedés és Postaügyi Minisztérium előterjesztése alapján az 1950-ben hozott párthatározat végrehajtását. Megállapították, hogy a Tervhivatal nem biztosította a szükséges alapanyagok, gépek beszerzését, a hangszórókhoz jó minőségű Ticonal mágnesek beszerzését. Emiatt a vezetékes rádiónak rossz a hangja, kicsi a hangteljesítménye, a vezetékekhez több rezet kell felhasználni. Az MDP Agitációs és Propaganda Osztály 1954 júniusában foglalkozott az előzőhöz hasonló hangnemben a vezetékes rádió kérdésével. „A magyar vezetékes rádió csak a nevében vezetékes, a valóságban nem az, tekintettel arra, hogy vezetékes hálózat csak a városokban és falvakban felépített gócerősítők és előfizetők között van kiépítve." [Ólmosi, 15. o.]

(Ticonal a Philips által gyártott, titánt tartalmazó AlNiCo típusú szintermágnes márkaneve volt. Az Orion a hangszórókhoz valószínűleg volfrám-kobalt-króm ötvözetű acélmágneseket, ill. vas-nikkel-alumínium ötvözetéből készült, a Kőbányai Vas- és Fémöntödében előállított, lényegesen kisebb légrés-indukciót biztosító mágneseket használt.)

Az 1956-os forradalom után nem folytatódott a vezetékes rádió hálózatának építése.

1960-tól lassan csökkeni kezdett a vezetékes előfizetők száma, 1965-ben már csak kb. 167 ezren voltak, ezzel szemben a rádió előfizetőinek száma meghaladta a 2,3 milliót.

Csanádi György közlekedés- és postaügyi miniszter előterjesztése alapján a *Minisztertanács* 1965. júl. 22-én hozott 3267/1965. sz. határozatával elrendelte a vezetékes rádió szolgálat megszüntetését (**18. ábra**). Az előterjesztés szerint „az időjárás behatása folytán az akkor rendelkezésre álló anyagból készült vezetékes rádió huzalai legnagyobbrészt korrodáltak, a berendezések elavultak, elhasználódtak, az ipar a berendezésekhez szükséges csőgyártást abbahagyta", a zenei adásokat alig lehetett élvezni [KPM 00245/23/1965]. A rendszer felújítása mintegy 100 millió forintba került volna.



MAGYAR FORRADALMI MUNKÁS-PARASZT KORMÁNY

Készült 42 példányban.
4.0 sz.példány.

Kapják: a Kormány tagjai,
Kozári József elvtárs.

A Magyar Forradalmi Munkás-Paraszt Kormány

3267/1965. számu
határozata

a vezetékesrádió szolgálat megszüntetéséről.

1. A Magyar Forradalmi Munkás-Paraszt Kormány tudomásul veszi a közlekedés- és postaügyi miniszternek azt a bejelentését, hogy a vezetékesrádió berendezés 3 - 3 1/2 év alatt elhasználódik, azt felujitani nem célszerü, ezért azt elhasználódása arányában fokozatosan megszüntetni kivánja. A Kormány ennek végrehajtására a felhatalmazást megadja.

2. A Kormány tudomásul veszi, hogy a volt vezetékesrádió előfizetők rádió igényének kielégitésére olcsóbb rádió kerül forgalomba és ennek részletakció keretében történő megvásárlását az érdekelt szervek biztositják.

Budapest, 1965. julius 22.

Kállai Gyula s.k.
a Magyar Forradalmi Munkás-Paraszt Kormány
elnöke.

MNL OL
XIX-A-83-b

18. ábra. Minisztertanács 3267/1965. sz. határozata [https://library.hungaricana.hu/]

A határozat szerint a szolgáltatást fokozatosan, 3–3,5 év alatt kellett felszámolni. A visszaemlékezések szerint Kádár Géza feladata volt a hálózat leszerelésének megszervezése, bonyolítása. Bár a szolgáltatás 1967–68-ra megszünt, ennek ellenére 1970-ben még mindig 25 ezer vezetékes rádió előfizetőt tartottak nyilván. Elképzelhető, hogy ez a szám a rendszer felszámolását átmenetileg elkerülő, rendszerint „mini stúdióval" rendelkező kórházi, kollégiumi stb. vezetékes rádió hallgatóit is magában foglalta.

1965-ben szinte az összes országos és megyei napilap – közel azonos szövegezéssel – foglalkozott a leszerelésre kerülő vezetékes rádiók sorsával. A Posta úgy tervezte, hogy az erősítőket és hangszórókat a helyi tanácsoknak adja át a hangos híradó céljaira. 3000 erősítőt és 200 ezer hangszórót a Művelődésügyi Minisztériumnak ajánlottak fel az iskolák, kollégiumok számára. A Posta a megtakarított 100 millió forintos felújítási és az évi 20 millió forintos üzemeltetési költséget a Kossuth és a Petőfi rádió adásának javítására kívánta fordítani. A vezetékes rádió volt előfizetői számára a Villamossági Televízió és Rádióké-

szülékek Gyára (VTRGy, a későbbi Videoton) által gyártott *R926 Dália* vevőkészüléket ajánlották megvételre 640 Ft-ért.

A '60-as évek közepétől inkább már csak a falvakban a „tanácsháza" (községháza, polgármesteri hivatal) környékén kiépített hangos híradó működött, a vezetékes rádió a kisbírót helyettesítő „faluhíradóvá" szelídült. Például Rétságon, Szécsényben 1966-ban, Tatán 1968-ban, Dorogon 1969 decemberében szüntették meg a hangos híradót, helyette több hirdetőtáblát állítottak fel... Az iskolarádiók és a szállodai rendszerek egész a nyolcvanas évekig üzemeltek.

Az információs vasfüggönyt – pár évtizedre – tulajdonképpen a magyar gazdaságpolitikát meghatározó Gerő Ernő által már 1952 májusában javasolt földfelszíni televíziós adások bevezetése valósította meg. Ráadásul Gerő akkor még nem is tudott a különböző, pl. az OIRT, CCIR adásszabványokról! Ezek után már csak egy kérdés maradt nyitott: a települések többségében monopolhelyzetben levő kábeltévé-szolgáltatás a vezetékes rádió utódjának tekinthető?

A szerző köszönetét fejezi ki *Pálinkás Tibornak* és *dr. Simoncsics Lászlónak* irodalmi források rendelkezésre bocsátásáért.

Hivatkozott és felhasznált irodalom

Balás B. Dénes: A távírótól a rádióig. A rádiótechnika története az 1800-as évektől a II. világháborúig. AD Kiadó. Budapest, 2009. 334-7. o.

Balás B. Dénes: A vezetékes rádió. Rádiótechnika Évkönyve 2009. 134-143. o.

Balás B. Dénes: A vezetékes rádió. [http://lazarbibi.hu/index.php/technikatortenet]

Elkészült a magyar népszuper. Rádió és film Technika. I. évf. 4. sz. (1948. dec.) 114. o.

Jenei Károly dr., Szilágyi Gábor dr., Várkonyi György: Az Orion Rádió és Villamossági Vállalat története, 1913–1963. Budapest, 1963.

Kádár Géza: Rádióvevőkészülékek kapcsolása I. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1963.

Kádár Géza: Rádióvevőkészülékek kapcsolása (1958-1959). Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1960.

Kóger László: Néprádió Typ 313 Orion, Philips, Siemens,Telefunken, RÁVA. Nosztalgia Rádió Hírújság. 77. sz. (2011. márc.-ápr.) 22. o.; 78. sz. (2011. máj.-jún.) 24-26. o.; 80. sz. (2011. szept.-okt.) 27-29. o.

Kóger László: A magyar vezetékes rádió és hangos híradó fali hangszórói. Nosztalgia Rádió Hírújság. 81. sz. (2011. nov.-dec.) 13-15. o.

Kóger László: Orion iskolarádió 450 ≈ 1949, 450M ≈ 1957. valamint Orion 450M típusú készülék. Nosztalgia Rádió Hírújság. 82. sz. (2012. jan.-febr.) 29-31. és 32-33. o.

Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium (KPM) 00245/23/1965 sz. előterjesztése a vezetékes rádió szolgálat megszüntetése tárgyában. 1965. júl. 5. [https://library.hungaricana.hu/hu/view/MNL_OL_XIX_A_83_b_379_3241_3275/, 265-266. o.]

Kreisz Miklós: A magyar vezetékes rádió. Rádió és film Technika, 1951. okt. 220-222. o.

Lévai Béla (szerk.): Rádióhallgatók könyve. Minerva. Budapest, 1958. 45. o.

MDP Titkársága. Jegyzőkönyv, 1950. nov. 22. 35-36. o.: Bebrits Lajos miniszter előterjesztése. [http://adatbazisokonline.hu/adatbazis/mdp-jegyzokonyvek/adatlap/39965]

Minisztertanács 3267/1965. sz. határozata a vezetékes rádió szolgálat megszüntetéséről. 1965. júl. 22. [https://library.hungaricana.hu/hu/view/MNL_OL_XIX_A_83_b_379_3241_3275/, 264. o.]

Mi újság a piacon? Rádió Technika. I. évf. 2. sz. (1947. jún.) 47. o.

Mi újság a piacon? Rádió és film Technika. II. évf. 1. sz. (1949. jan.) 16. o.

Mi újság a piacon? Rádió és film Technika. III. évf. 1. sz. (1950. jan.) 9. o.

MTI belföldi hírek. 7. kiadás 1949. júl. 27. 7 óra. [http://adatbazisokonline.hu/adatbazis/magyar-tavirati-iroda/]

Ólmosi Zoltán: A „nagy testvér". A néprádió és a vezetékes rádió az ötvenes években. ArchívNet. 7. évf. 6. sz. (2007) 1-16. o. [http://archivnet.hu/politika/]

Pályázat néprádió kapcsolási rajzára és felépítésére vonatkozólag. Rádió és film Technika. I. évf. 3. sz. (1948. nov.) 70. o.

Révész Béla: Manipulációs technikák a hidegháború korai időszakában (Magyarország és a Szabad Európa Rádió 1950-1956). SZJTE, 1996. [http://acta.bibl.u-szeged.hu/37748/]

Simoncsics László, Kóger László: Magyar Philips Művek. Rádiótechnika Évkönyve 2019. 18-27. o.

Zakariás Imre: A falurádió megoldási lehetősége. Magyar Híradástechnika. II. évf. 8. sz. (1947) 120-123. o.

Zelenka László: A rádióhírmondó. (In: Kiss Tivadar szerk.: Rádióévkönyv 1949. Hungária. Budapest, 1949. 108-112. o.)

https://www.arcanum.hu/hu/online-kiadvanyok/TenyekKonyve-tenyek-konyve-1/

http://www.bertibenis.it/Radio Ungheresi.htm

http://www.garai.hu/radiok/csoves/Nepradio/nepradio.htm

http://www.oldradio.hu/o_vezetekes.htm

http://www.radiohistoria.hu/Oldradio/

http://www.radiomuzeum.hu/

https://www.radiomuseum.org/

Kézi frekvenciamérő rádióteszteléshez
CTCSS és DCS kijelzéssel
RK–560 tip.
csak 10.990 Ft
50 MHz ... 2400 MHz
1 gomb kezelés
botantennás bemenet
9 V-os táplálás
10,5 x 8 x 2,5 cm
súly: 110 g
hambazar@radiovilag.hu
(1) 239-4932/36, 239-4933/36
1550 Bpest., Pf. 123 www.radiovilag.hu

TRAFO Kft.
4400 Nyíregyháza,
Derkovits u. 132-136.
Tel./fax: 06-42-422-024
hmtrafo@axelero.hu
www.hmtrafo.hu
Híradásipari
TRANSZFORMÁTOROK
hálózati, kimenő, fojtó,
szűrő tekercsek,
toroid, M, EI, ferrit
kivitelben

Ferritmagos tekercsek,
ferritmagos transzformátorok,
hálózati
transzformátorok,
NF-tekercsek,
csévetestek, ferritek,
smd-induktivitások,
Amidon porvasmagok
nagy választékban kaphatók!
Postai utánvéttel is szállítunk.
TALI Bt.
2600 Vác, Zrínyi u. 39.
☎ 06/27/501 220 Fax: 06/27/501 221
tali@vnet.hu www.tali-transformers.com

VLNA-144
szuper kis zajú előerősítő

Nagy Gyula villamosmérnök, HA8ET@freemail.hu

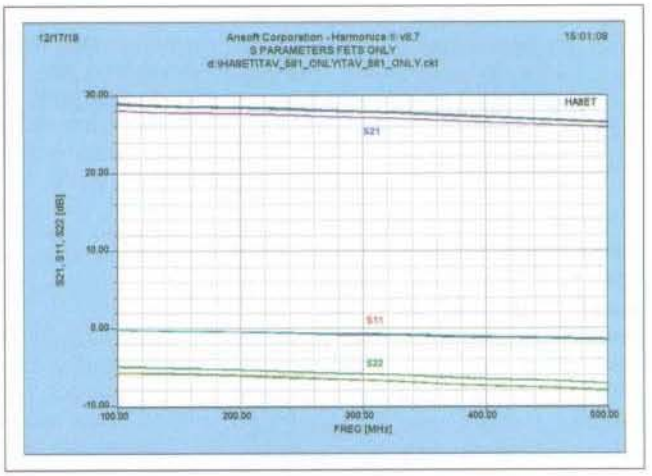
Az EXTRA-2 144 MHz-es előerősítő [1, 2] a gyakorlatban jól beváltotta a hozzá fűzött reményeket. Az EME operátorok részéről azonban felmerült az igény egy kisebb zajú előerősítő iránt. Ezért kifejlesztésre került a VLNA-144 kódjelű előerősitő (Very Low Noise Amplifier). (A cikkben hivatkozott 20. – 24., ill. 26. – 28. ábrák az internetről tölthetők le, ezen Évkönyv tartalomjegyzékénél. – A szerk.)

Technikai adatok:

Frekvenciatartomány: 144-148 MHz
Be/kimeneti imp.: 50 ohm
Erősítési tényező: 18-24 dB (szab.)
Zajtényező: 0,21 dB
Sávszélesség (1 dB): 4 MHz
Sávszélesség (3 dB): 5 MHz
Max. bem. telj.: +17 dBm
OIP3: >20 dBm
Műsorszóró elny.: >63 dB @100 MHz
Elnyomás @432 MHz: >60 dB
Feltétel nélkül stabil
Mérsékelt ESD érzékenység
Tápfeszültség: +12…15 V/81 mA
Táplálás külön vagy a lev. kábelen
+33 dBm IP3 GaAs FET (SAV-541+)
Csatlakozók: BNC vagy N
A doboz méretei: 74×37×30 mm

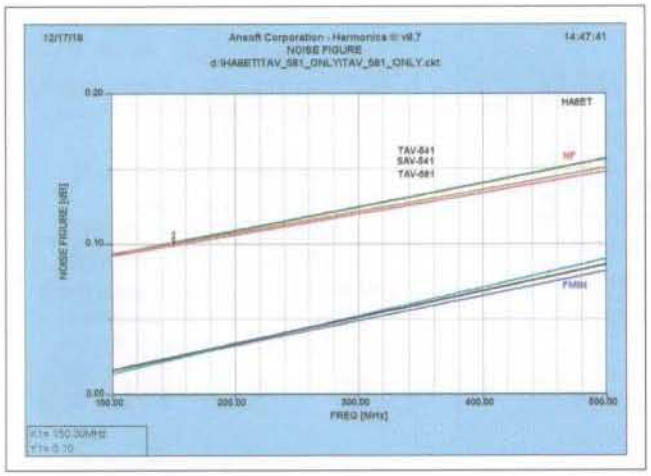
Szimuláció

A MINI CIRCUITS web-lapján közzé tette a kis zajú FET-ek s2p paramétereit. Szerencsénkre a Modelithics Inc. nemcsak az S paramétereket, hanem a zaj paramétereket is megmérte. Köszönet érte! A szóba jöhető kis zajú FET-ek közül az TAV-581, a TAV-541 és az SAV-541 + F_{MIN} értékét vizsgáltam az ANSOFT SERENADE program segítségével. Az **1. ábrán** látható, hogy a három FET zajtényezője alig különbözik egymástól. A választás az SAV-541+ típusra esett [3], mert ez kisméretű, hagyományos forrasztópákával is beforrasztható. Ez az E-PHEMT az AVAGO (BROADCOM Inc.) ATF-54143 FET helyettesítésére lett kifejlesztve. A három FET S paraméterei a **2. ábrán** láthatóak. A **3. ábra** a K stabilitási faktort mutatja. Jól látható, hogy a karakterisztikák majdnem egybeesnek. A stabilitási tényező alacsonyabb frekvenciákon nem elégséges, ezért soros source visszacsatolást kell alkalmazni.

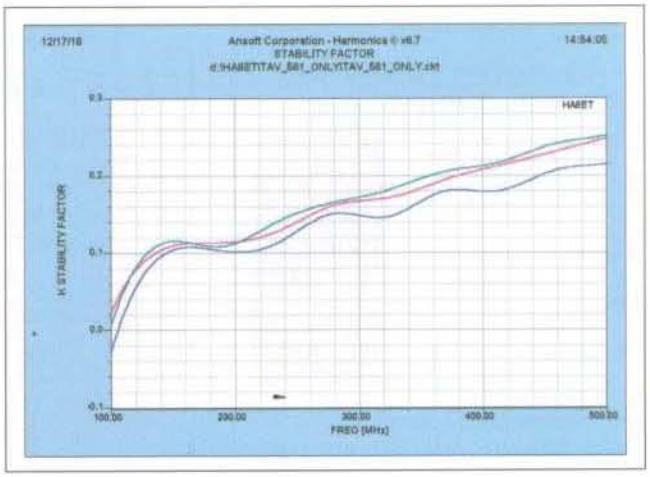


2. ábra

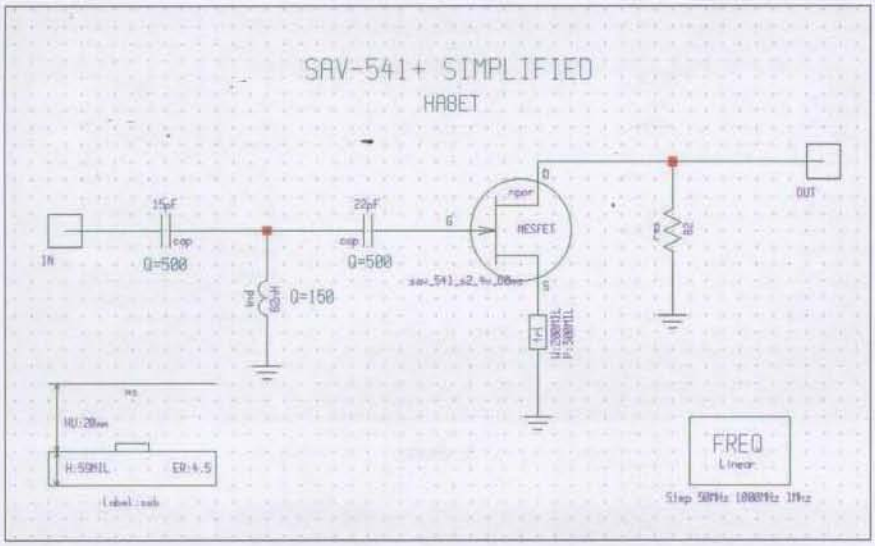
Az alacsony zaj és a jó dinamika érdekében a 4 V 60 mA-es beállítást választottam. A bemeneti áramkör egyszerűsített kapcsolási rajza a **4. ábrán** látható. A 82 nH-is induktivitás a C1 és C2 kondenzátorokkal egy felülátereszto (HP) szűrőt képez. Az optimalizálások után a HP szűrő egy közepes bemeneti szelektivitást biztosít a minimális zajszám mellett. A C1 és C2 AVX gyártmányú, U sorozatú 0805 méretű RF kondenzátorok. Az ESR értéküket az **5. ábra** mutatja. Q_C = 500 és Q_L = 150



1. ábra

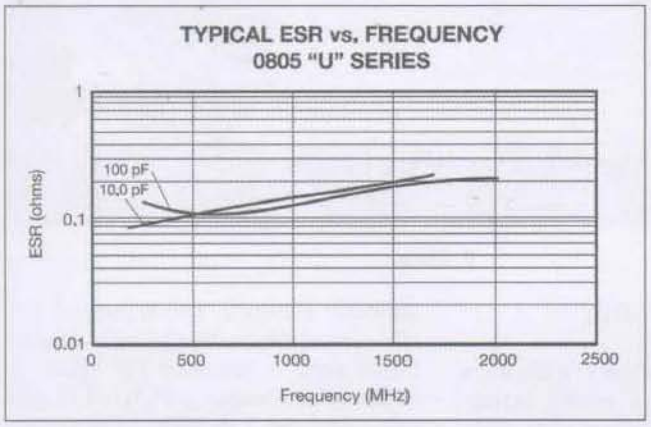


3. ábra



4. ábra

mellett a szimuláció és optimalizáció után 0,11 dB zajszám adódott (**6. ábra**).



5. ábra

Az egyszerűsített bemeneti áramkör S paramétereit a **7. ábrán** láthatjuk.

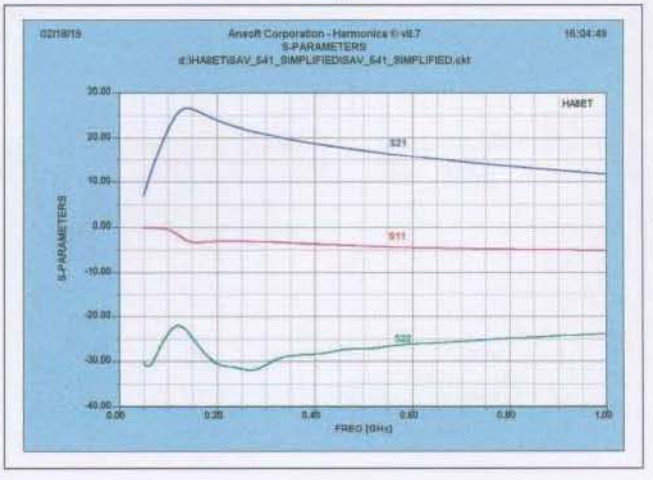
A könnyű reprodukálhatóság érdekében a bemeneti induktivitást először spirális induktivitásként a PCB-én alakítottam ki. Az FR4 típusú PCB jellemzőit a szimulátorban a **8. ábra**, a spirális induktivitás paramétereit pedig a **9. ábra** mutatja. A **10. ábrán** a bemeneti áramkör látható a szimulátor ernyőképén. A C1 és C2 jellemzőit az ESR és a Q értékkel egyaránt megvizsgáltam. A szimulátor szerint kiváló maradt a zajtényező, de a gyakorlati mérések bebizonyították, hogy vissza kellett térni az eredeti tekercshez, mert a valóságban megnőtt a zajtényező. (Ennek oka a gyenge minőségű FR-4 PCB volt.)

A végleges bemeneti áramkör zajtényezője alig növekedett valamivel az elméleti értékhez képest, mindösszesze 0,14 dB (**11. ábra**). A **12. ábrán** láthatóak az S paraméterek. Megfigyelhető, hogy a bemeneti áramkörnek van egy bizonyos elnyomása az FM műsorszóró zavarokkal szemben. A **13. ábra** stabilitási tényezője az egész sávban K>1 érték felett marad. Ez a source soros visszacsatolásnak köszönhető.

A VLNA-144 előerősítő teljes kapcsolási rajza a nagyfrekvenciás szimulátorban a **14. ábrán** látható. Ez a kapcsolás sok-sok optimalizálás után alakult ki. A stabilitási tényező további javítása érdekében a kimeneten alkalmazunk egy csillapító tagot. A kimeneti sávszűrő nagy oldalmeredeksége biztosítja a kiváló szelektivitást.

A VLNA-144 jelű előerősítő zajtényezője 0,14 dB, ugyanúgy, mint a bemenet szimulációjánál (**15. ábra**). Ha növeljük a kimeneti attenuator csillapítását, akkor az erősítés (GAIN) csökkenése miatt növekszik a zajtényező. Az optimális zajillesztés miatt az NF megközelíti a FET-re megadott F_{MIN} értékét. Az előerősítő S paraméterei a **16. ábrán** láthatóak. Az S_{21} és az S_{22} kiváló, azonban az S_{11} a minimális zajra való törekvés miatt gyenge. Az ábrán a markerek 145 MHz-re vannak elhelyezve. A **17. ábrán** látható stabilitási tényező kiváló a visszacsatolás és a kimeneti attenuator miatt. Az előerősítő bármilyen bemenő és kimenő impedanciával terhelve, feltétel nélkül stabil (unconditionally stable).

6. ábra



7. ábra

Konstrukció

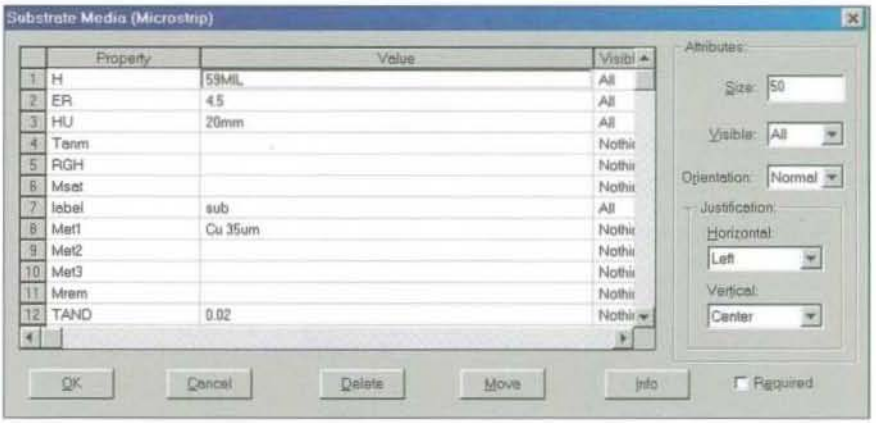
A VLNA-144 típusú előerősítő részletes kapcsolási rajza a **18. ábrán** látható. A kapcsolás a nagyfrekvenciás áramkörön kívül tartalmaz egy feszültség stabilizátor IC-t a megfelelő szűréssel és egy diódás áramkört (D6, L6), hogy az előerősítőt a kimenetén keresztül is lehessen feszültséggel táplálni.

Az előerősítő PCB rajza és az alkatrészek elhelyezése a **19. ábrán** M 2:1-ben látható.

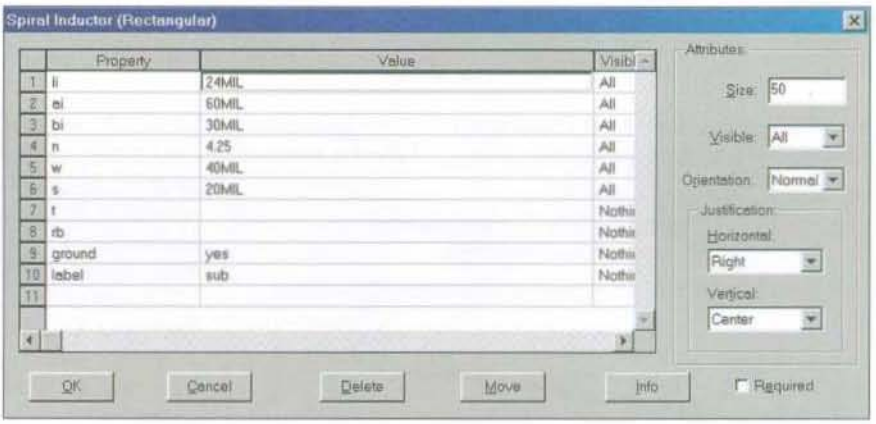
Beállítások

Állítsunk be 13,5 V 100 mA-t egy áramkorlátozós stabilizált tápegységen, és csatlakoztassuk rá az előerősítőt. A P1 (BIAS) potenciométeren egy kicsit kell csak állítani a gyári beállításhoz képest. A FET munkaponti drainárama 60 mA. A TP1 és TP2 mérési pontok között 78 mV-ot kell beállítani. Ez az $I_{BIAS} + I_D$ érték miatt van így. Az előerősítő teljes áramfelvétele a stabilizátor IC miatt kb. 81 mA. A tápfeszültség 10 és 15 V között tetszőlegesen változhat, az előerősítő jellemzői változatlanok maradnak.

A DC beállítások után a P2 GAIN potenciométert maximumra kell állítani (jobb szélső helyzet). Ezután sprektumanalizátor és tracking generátor segítségével az L3, L4, L5 tekercseket a maximális szelektivitási és maximális erősítési görbére hangoljuk. A maximális erősítést célszerű 145 MHz-re állítani. A tekercseken a gyári beállításhoz képest 1-2 menetet kell csak tekerni.



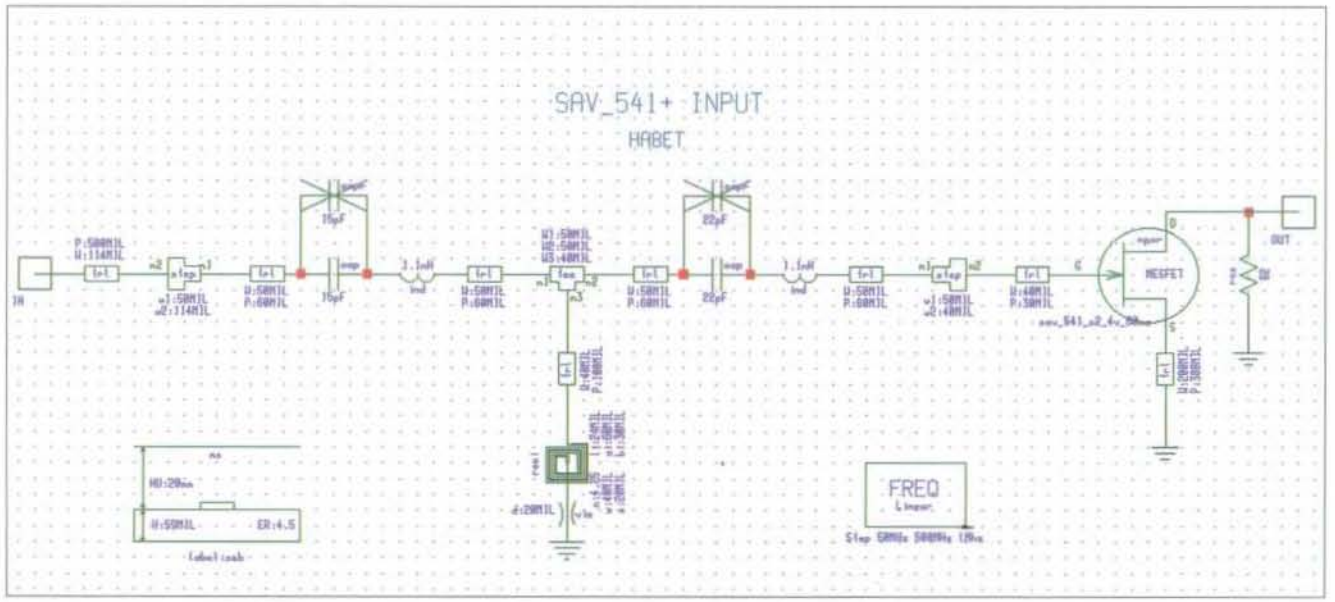
8. ábra



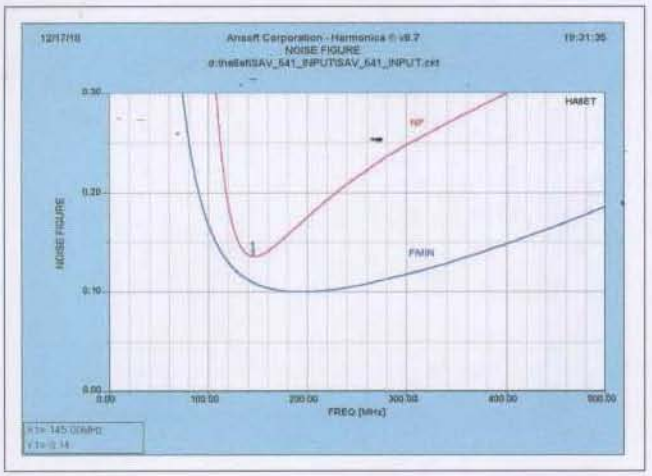
9. ábra

Mérések (tnx HG5AZB!)

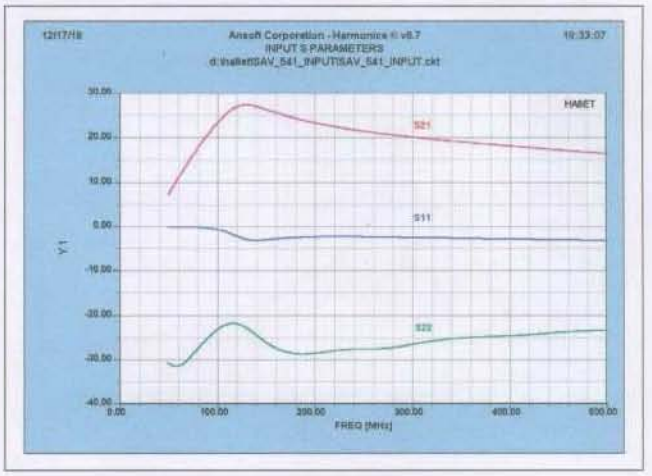
A 3 dB-es sávszélességet a **20. ábra** mutatja. Jól látható a kiváló szelektivitás és az FM műsorszóró adók elnyomása. Ez nemcsak a rendkívül szelektív kimeneti, három hangolt körös sávszűrőnek köszönhető, hanem hozzá járul a bemeneti HP szűrő is. A **21. ábra** mutatja a VLNA-144 előerősít átvitelét 1 és 1000 MHz között. Visszalógás sehol nem tapasztalható.



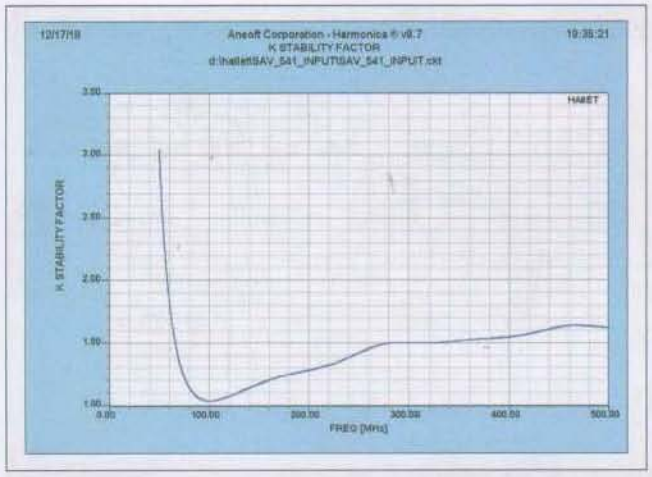
10. ábra



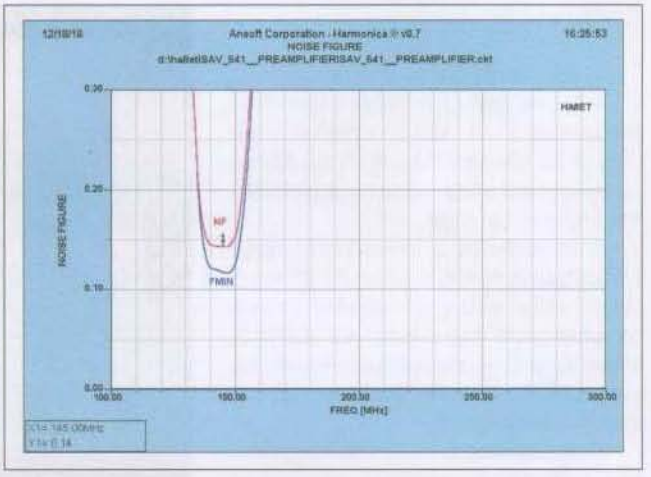
11. ábra



12. ábra

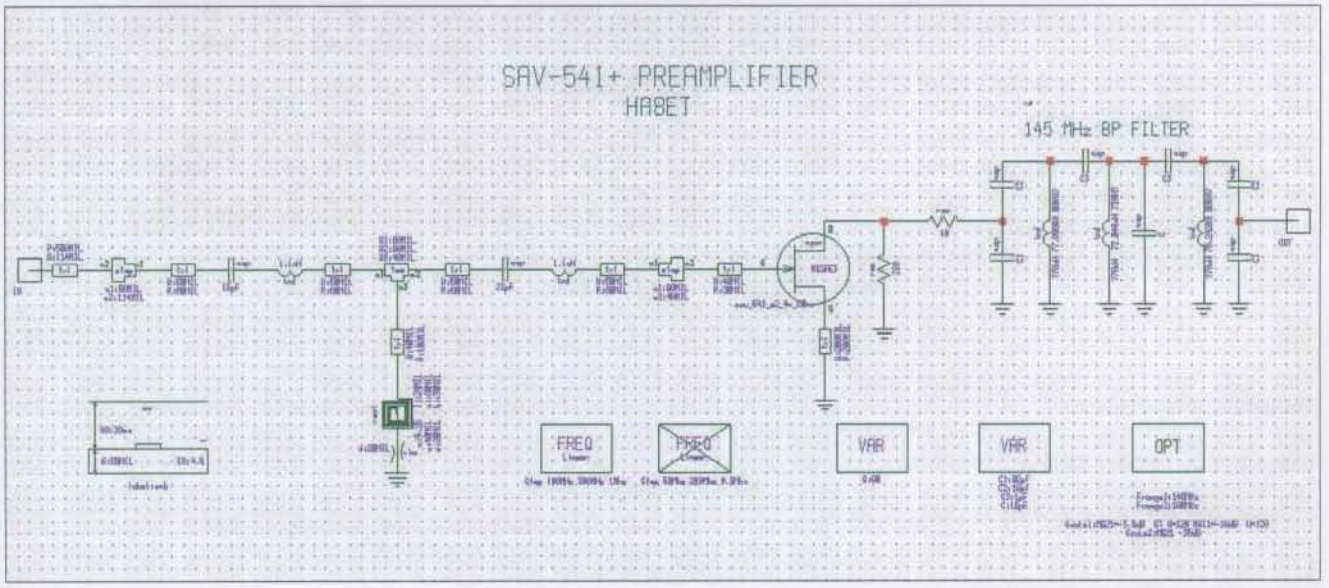


13. ábra

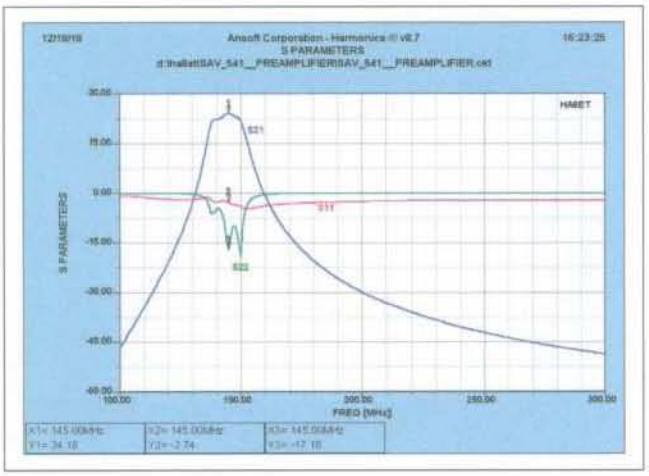


15. ábra

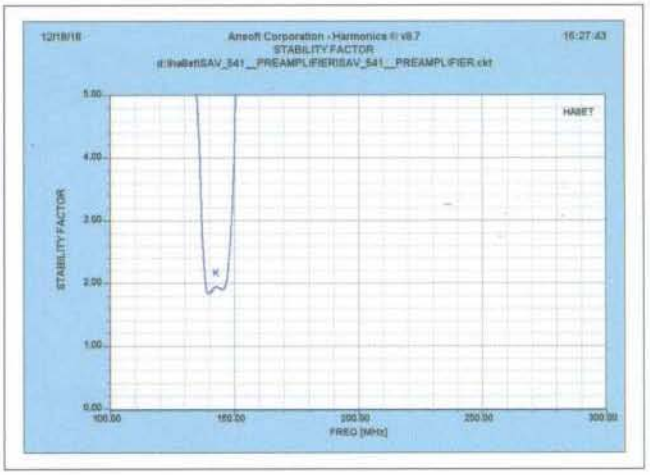
A zajtényező mérési eredménye a **22. ábrán** látható. F_{MIN} = 0,21 dB. Ez alig több a FET-tel elérhető minimális értéknél. (A szimulált zajtényező: 0,14 dB.) Az 1 dB-es kompressziós pontot a **23. ábra** mutatja. A kimeneti harmadrendű intercept pont maximális erősítésnél a **24. ábrán** látható.



14. ábra



16. ábra



17. ábra

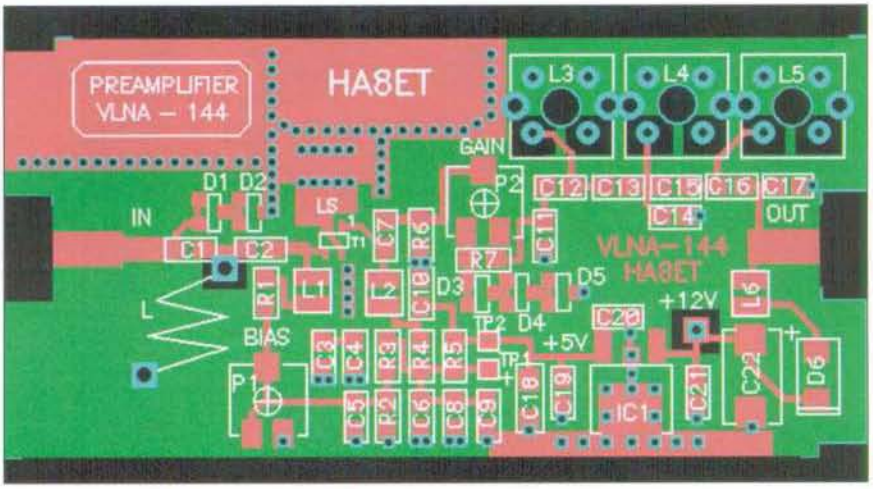
Eredmények

A **25. ábra** fotója mutatja a kész VLNA-144 jelű előerősítőt (*Very Low Noise Amplifier*). Az előerősítő alsó oldalát a **26. ábrán** láthatjuk. A **27. ábrán** az előerősítőt a lehetséges csatlakozókkal szerelve láthatjuk.

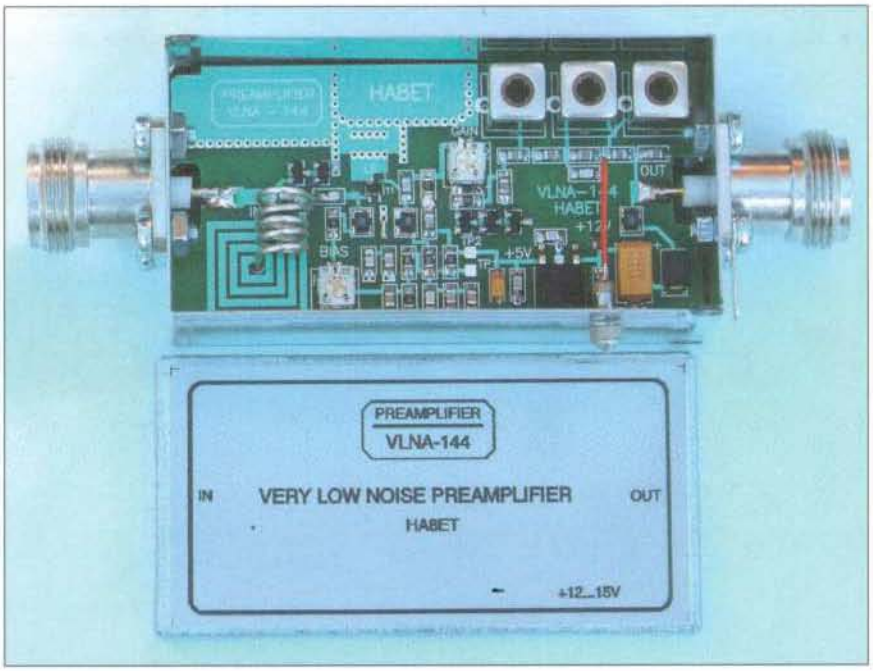
A tervezés és a konstrukció megbízhatóságát mutatja, hogy 10 db megépített előerősítő gyakorlatilag azonos paramétereket biztosított. Az áramkör stabil és jól reprodukálható, beállítása egyszerű. A mérési eredmények jól közelítik a szimulációt.

Megállapítható, hogy a jó nagyszintű viselkedés, az alacsony zajszám és a kiváló szelektivitás valós élethelyzetben is biztosított. A pozitív tapasztalatok alapján a 144 MHz-es verziónak megfelelően kifejlesztésre került a 432 MHz-es változat. A **28. ábra** fotója mutatja a VLNA-432 jelzésű kiszajú előerősítőt. A zajtényezője mindössze 0,29 dB a mérések szerint.

Sok rádióamatőr szívesen alkalmazza az előhangolt, beállított PCB változatot (pretuned PCB) előerősítői és transzverteri korszerűsítéséhez **(29. ábra).** Az előerősítők iránt érdeklődők további leírásokat találnak weblapomon (www.ha8et.hu), sok ábrával és fotóval.



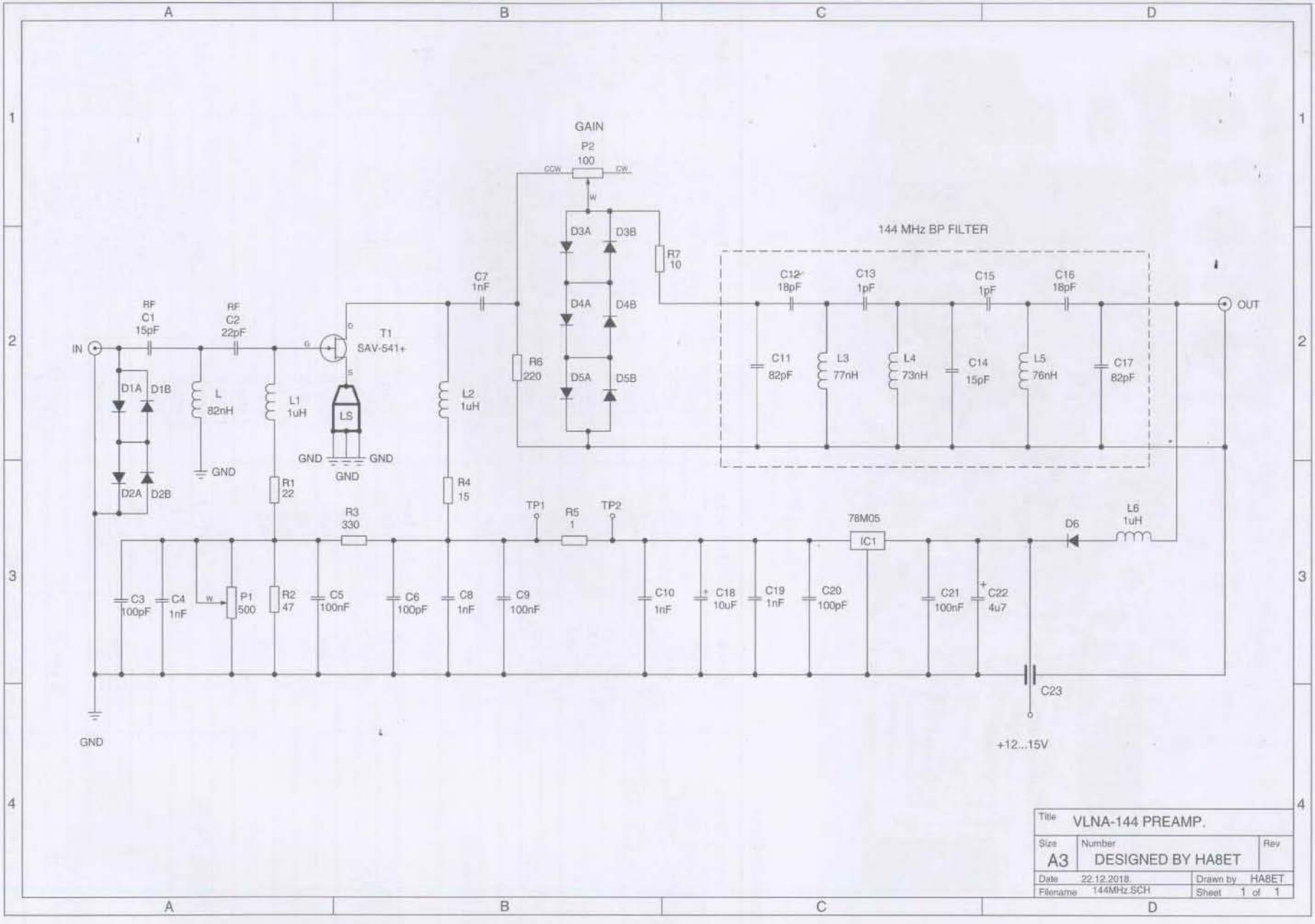
19. ábra



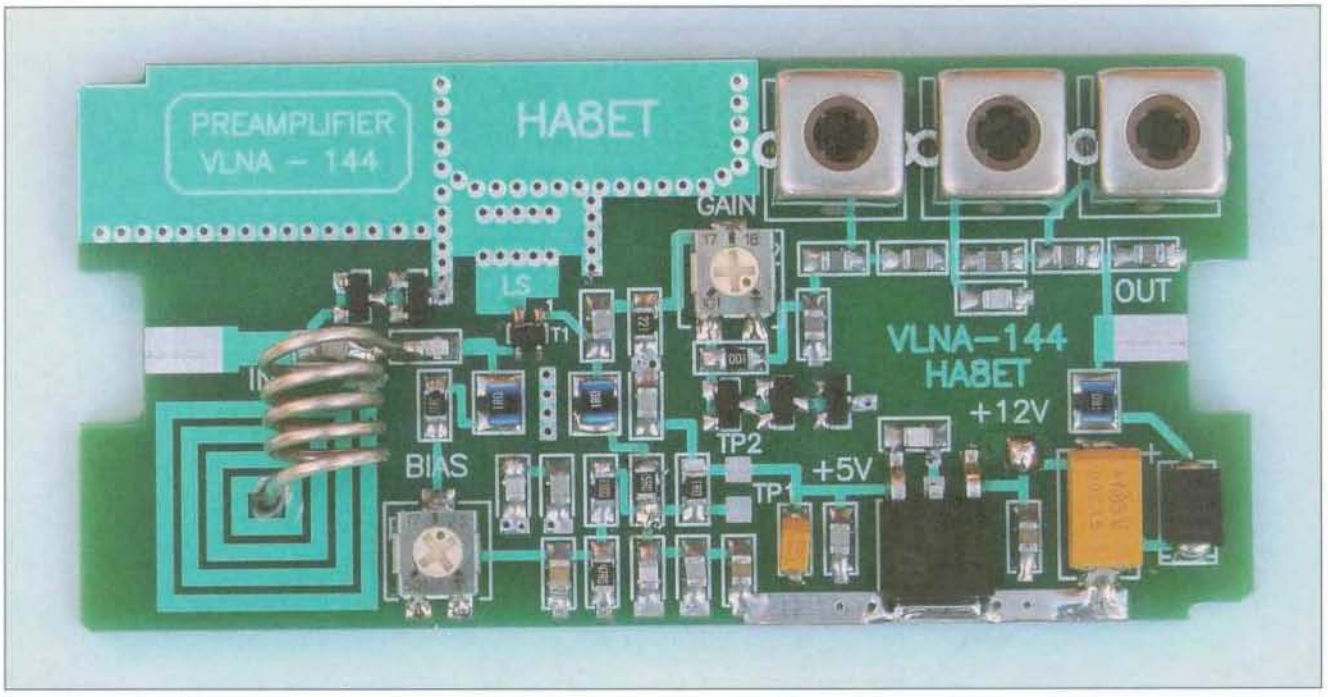
25. ábra

Felhasznált irodalom:

1. Gyula Nagy, HA8ET: EXTRA-2 144 MHz Contest Preamplifier. DUBUS 4/2010 p.78
2. Gyula Nagy, HA8ET: EXTRA-2 144 MHz Contest Preamplifier (REV6). Dubus 4/2011 p. 70
3. https://www.minicircuits.com/WebStore/dashboard.html?model=SAV-541%2B


GAIN
P2
100
CCW
CW
W
D3A
D3B
D4A
D4B
D5A
D5B
R7
10
R6
220
C7
1nF
144 MHz BP FILTER
C12
18pF
C13
1pF
C15
1pF
C16
18pF
C11
82pF
L3
77nH
L4
73nH
C14
15pF
L5
76nH
C17
82pF
OUT
IN
RF
C1
15pF
RF
C2
22pF
T1
SAV-541+
D
G
S
D1A
D1B
D2A
D2B
L
82nH
L1
1uH
LS
GND
GND
GND
GND
L2
1uH
R1
22
R4
15
R3
330
TP1
R5
1
TP2
78M05
IC1
D6
L6
1uH
C3
100pF
C4
1nF
P1
500
R2
47
C5
100nF
C6
100pF
C8
1nF
C9
100nF
C10
1nF
C18
10uF
C19
1nF
C20
100pF
C21
100nF
C22
4u7
C23
GND
+12...15V
Title
VLNA-144 PREAMP.
Size
A3
Number
DESIGNED BY HA8ET
Rev
Date
22.12.2018.
Drawn by
HA8ET
Filename
144MHz.SCH
Sheet
1 of 1

18. ábra



29. ábra

Alkatrészjegyzék

Pozíciószám	Érték	Tokozás	Szállító	Típus	Gyártó
C1 (mikrohullámú!)	15 pF	0805	Farnell	08052U150GAT2A	AVX
C2 (mikrohullámú!)	22 pF	0805	Farnell	08052U220GAT2A	AVX
C3, C6, C20	100 pF COG	0805	Farnell	C0805C101J5GAC	KEMET
C4, C7, C8, C10, C19	1 nF X7R	0805	Farnell	08055C102KAT2A	AVX
C11, C17	82 pF COG	0805	Farnell	C0805C820J5GAC	KEMET
C12, C16	18 pF COG	0805	Farnell	C0805C180J5GAC	KEMET
C13,C15	1 pF COG	0805	TME	CC0805CRNPO91R0	KEMET
C14	15 pF COG	0805	TME	C0805C150J5GAC	KEMET
C5, C9, C21	100 nF X7R	0805	Farnell	08055C104JAT2A	AVX
C18	10 uF/10V	1206	TME	TAJA106K010RNJ	AVX
C22	4,7 uF/50 V	7343	Farnell	T495X475K050AT	KEMET
C23 (átvezető)	1 nF	-	RFMICROWAVE.IT	BUBQ5-00	STELCO
L	82 nH	5 menet D=5,5mm		d=0,9 mm CuAg	HA8ET
L1, L2, L6	1000 nH	1008	TME	CW1008-1000	Ferrocore
L3, L4,L5	80 nH	-	BEC	100074	TOKO
R1,	22 ohm	0805	Farnell		
R2	47 ohm	0805	Farnell		
R3	330 ohm	0805	Farnell		
R4	15 ohm	0805	Farnell		
R5	1 ohm	0805	Farnell		
R6	220 ohm	0805	Farnell		
R7	10 ohm	0805	Farnell		
D1, D2, D3, D4, D5	-	SOT-23	Farnell	BAS70-04	VISHAY
D6	-	DO214A	Farnell	FR1M	Semicron
T1	-	SOT-343	Farnell	SAV-541+	MINI CIR.
IC1	-	D-PAK	Farnell	78M05CDT	STM
P1	500 ohm	SMD	Farnell	TS53YL501MR10	VISHAY
P2	100 ohm	SMD	Farnell	TS53YL101MR10	VISHAY
Doboz (furatolt)	-	-	-	37×74×30 mm	HA8ET
Csatlakozók	N aljzat*	-	CompoTEK	N864L-0000	JYEBAO
PCB	-	-	HA8ET	71,5×34,5 mm	HA8ET

*Szerelhető N dugasz / N aljzat vagy BNC csatlakozókkal is.

Szubjektív szakmai életrajztöredékek

Írta: Nagy Gyula villamosmérnök, HA8ET,

HA8ET@freemail.hu, http://www.HA8ET.hu/

Jelen sorozatot a 2012-es Évkönyvünkben indítottuk „Szubjektív szakmai életrajz-töredékek" címmel. Kedves olvasóink régi és gyakran ismétlődő kérését teljesítjük ezzel, akik a lapunkban és annak évkönyveiben megjelent cikkeikben leírtaknál többet szeretnének megtudni tisztelt törzs-szerzőinkről. Szakmai pályájukról, annak kezdetéről, a mai magyar műszaki életről való véleményükről. A kifejezetten szubjektív írásokból – reméljük – majd kiderül, hogy szakcikkeink alkotói is hétköznapi emberek. Csak nekik valahogy mindig egy kicsit jobban sikerültek a saját kezű konstrukcióik... Aztán a sok sikerélmény – és némi szerkesztői biztatás – után sorra láttak napvilágot jobbnál jobb szakcikkeik. (– A szerk.)

Kora ifjúságom óta érdekeltek a különféle elektromos készülékek, és mint a technikai újdonságok iránt érdeklődő diákok általában, én is igyekeztem megismerni azok működési elvét. Ebben sokat segített édesapám, aki rádióműszerészként a szentesi GELKA alapító tagja volt. Szabadalmaztatott egy hordozható rádiót, amelyet a Magyar-Királyi Szabadalmi Bíróság a 121465 szám alatt vett lajstromba 1938-ban. A szabadalmi okirat még ma is megvan. A készülék érdekessége volt, a vállszíjba beleszőtt, litzehuzalból készített, többmenetes antenna. A rádiót bemutatták az 1937-es Párizsi Világkiállításon is. Sajnos a kor zavaros politikai légköre miatt édesapámat nem engedték ki a világkiállításra.

Általános iskolás koromban építettem az első, természetesen detektoros rádiómat. Az antennahuzal először rövidnek bizonyult, így a kis készüléket a kert végében lévő almafára felmászva tudtam csak kipróbálni. Majd leestem a fáról, amikor a rádión a szemben lévő mentőállomás adója szólalt meg óriási hangerővel. Ez volt az első rádiós siker élményem.

Ilyen családi indíttatás és a műszaki érdeklődés természetes következménye volt, hogy 1965-ben jelentkeztem a szentesi Ipari Szakközépiskolába (ma Pollák Antal Műszaki Szakközépiskola) elektroműszerésznek. Az iskolában beiratkoztam a rádiós szakkörbe. A szakkört az iskola igazgatója, *Kajtor István* (HA8CP) vezette. Ő volt az a fizikatanár, aki a békési gimnáziumban korábban is számtalan rádióamatőrt indított el pályáján.

Harmadikos, negyedikes koromban már én javítottam az iskola hangosító berendezéseit és műszereit. A gyakorlati oktatási napok száma évfolyamról évfolyamra, folyamatosan emelkedett. Közben otthon édesapámmal várva vártuk a „Rádiótechnika" megjelenő új lapszámait és építettük belőle a különböző készülékeket. Különösen szerettük *dr. Hetényi László* (HA5BK) cikkeit. A „HL" monogram a műszereken a biztos siker záloga volt. Azok első bekapcsolásra működtek. A cikkek közérthetőek és kiválóan dokumentáltak voltak. *Köszönet érte Laci bácsi!*

Másodikos koromban bekapcsolódtam az iskolában működő HG8KCP rádióállomás munkájába. Akkor még AM fónián folyt a munka, 144 MHz-en SSB-t még nem hallottunk. Hétfőnként még nem volt TV adás és a TVI zavarok elkerülése végett ekkor zajlott a HG Marathon verseny. Ezen általában én dolgoztam.

1969-ben a PD-re feltelepültünk a városi víztorony tetejére. A helyi QTH-s kategóriában másodikak lettünk a Központi Rádió Klub állomása mögött. Ez óriási eredménynek számított egy vidéki kis iskolai rádiós szakkör részéről. Ekkor már a DX összeköttetések jórészt távírón történtek. A berendezéseket *Csányi Károly* bácsi (HA8CY) készítette. Ő építette az ország első teljesen tranzisztoros 144 MHz-es vevőkészülékét. Tőle tanultuk a rádióamatőr tevékenység alapfogásait.

Engem is megérintett középiskolás koromban a beatzene szele. A helyi zenekar technikusaként építettem a különféle hangfrekvenciás készülékeket. Épültek elektroncsöves erősítők, hangfalak, torzítók és „vau"-pedál. Az 1970-es Rádiótechnikában megjelent *dr. Gschwindt András* (HA5WH) zseniális cikke az EME (Föld-Hold-Föld) összeköttetésekről. A cikk magával ragadott, és elhatároztam, addig nem nyugszom, amíg ilyen rendszerű összekötetést nem létesítek. Erre azonban 15 évet kellett várni.

1969-ben kitűnő eredménnyel leérettségiztem és jelentkeztem a BME-re. Sajnos helyhiány miatt elutasítottak, de felvételt nyertem a Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskolára. Az erősáramú automatika nem keltette fel érdeklődésemet, ezért az időm nagy részét az Országos Műszaki Könyvtár és Dokumentációs Központ olvasótermében töltöttem. Rengeteg híradástechnikai és rádióamatőr folyóirat járt a könyvtárba. Jelentős részüket végig

lapoztam. Nagy örömmel bukkantam dr. Gschwindt András (HA5WH) cikkeire. Ekkor édesapám mellett példaképemül választottam. Mindig szerettem volna úgy írni, mint ő.

1970-ben megvásároltam *Istvánffy* professzor úr nagyszerű könyvét a „Tápvonalak, antennák, hullámterjedés"-t. Ettől kezdve ez volt a kedvenc olvasmányom. A felsőbb matematika megismerésével egyre többet értettem meg könyvéből. Később cikkeimben nagyon sokat idéztem belőle.

1972-ben megírtam szakdolgozatomat egy 723-as integrált áramkörrel felépített túláram és túlfeszültség védelemmel ellátott, nagyáramú stabilizált tápegységről. A bizottság kiemelkedő munkának minősítette a dolgozatot. Ez a téma nagyon érdekelt, igen sokat olvastam hozzá. Ahhoz azonban, hogy a leírtakat bizonyítani is tudjam, meg kellett építeni és mérni a kapcsolást. Eljött a nagy nap, az államvizsga. Érdekessége, hogy az a *Zalotai Péter* tanár úr volt digitális technikából a kérdező tanárom, aki érettségin a szakmai elnököm volt.

Államvizsga után visszahívtak egykori iskolámba tanítani. Furcsa érzés volt első alkalommal belépnem a tanári szobába, ahol volt tanáraim kedvesen fogadtak és sokat segítettek beilleszkedni új szerepkörömbe. Gyakorlatilag érettségi után sem szakadtam el az iskolától, mert szabadidőmben gyakran visszajártam a rádióklubba, hogy kedvenc hobbimnak, a rádiózásnak hódolhassak. Sosem felejtem el a szorongó érzést, amikor volt osztályfőnököm, *Ludányi Mihály* bekísért a legelső órámra. Furcsa érzés volt tanárként annak a tanteremnek a küszöbét átlépnem, ahol pár éve még én is diákként ültem.

Közben az iskolai rádióklubból városi rádióklubot csináltak. A támogatás semmit nem változott, csak a feladatok nőttek meg. Továbbra is az iskola központi fűtésének hőtágulási tartályát tartalmazó piciny szobában szorongtunk. Az URH állomás mellett megépült az RH állomás is. Akkoriban URH-n csak a versenyeken lehetett állomást hallani. Itt Keleten azt sem túl sokat. Amikor lehetőséget kaptunk rá, akkor feltelepültünk a víztoronyba, egyébként pedig *Kovács István* (HA8CE) kollégámmal, aki szintén az iskola tanára volt, gyűjtöttük a DXCC-ket rövidhullámon.

Az elért RH és URH DX-ekről rendszeresen tudósítottam *Fáber Józsefet* (HA5JJ), aki a Rádiótechnika DX-híreiben ezeket rendre közzé is tette. Nagyon jó barátság alakult ki közöttünk. Példamutató precizitással vezette a különféle DXCC és egyéb rekordlistákat. Elvesztésével óriási űr támadt a magyar rádióamatőr közösségben.

Közben 1973-ban bevonultam kétévi sorkatonai szolgálatra. Együtt húztunk surranót jó barátommal, *Draskovits Gáborral* (HA1YA). Barátságunk, azóta is tart.

1976-ban nagy elhatározásra jutottunk. Szerettük volna megméretetni magunkat kitelepült állomásként is. A választás a 960 m magas Bánkúton a Petőfi kilátóra esett. A kilátó tetején annak idején még lehetett antennát építeni. A dologról kikértük '5JJ Jocó véleményét is, aki azt írta vissza, hogy a hely nagyon Keleten van, onnan nem lehet nyerni. Nos, rácáfoltunk véleményére, mert a szeptemberi IARU versenyt a HG8KCP/6 állomás nyerte. A kitelepülésre való készülődés közepette, már antennáinkat leszereltük, elcsomagoltuk, de az adókeverőt még szerettem volna az út előtt utoljára kipróbálni. Más antenna nem lévén, a 14 MHz-es quad antennát csatlakoztattam rá. 144,200 MHz-en rutinszerűen adtam egy általános hívást, amire legnagyobb meglepetésemre 4 holland állomás válaszolt. Ezek voltak életem első sporadikus E összeköttetései. Ettől kezdve fokozottabban figyeltük a sávot napközben is.

Az iskolával kapcsolatosan a legbensőségesebb emlékem is az 1977-es évhez fűződik. Nem sokkal a tanévkezdés után egy fiatal, kedves tanárnő, *Horváth Margit* került a tantestületbe. Előbb csak vidámsága ragadott magával, később egész személyisége. Mire felocsúdtam, már nősemberként kezdtem a következő tanévet. A történet csattanója, hogy már nemcsak otthon, hanem pár éve az iskolában is a főnököm lett, mert közben őt választottuk az intézmény igazgatójává.

1978-ban megkaptam a HG8ET hívójelet. Nem siették el a dolgot az MHSZ-ben, mert a kérelmet még 1969-ben (!) adtam be. Ettől kezdve nemcsak a klub hívójellel dolgoztam, hanem sajátommal is. Megértő -feleségemnek köszönhetem, hogy nem emelte fel különösebben hangját egy-egy kitelepülés vagy verseny bejelentésekor.

1978-tól *Dibuz Sándor* (HA3PG) barátunk biztatására és segítségével a Mecsekbe, a Tubes-tetőre jártunk kitelepülni. Eleiben mindent magunkkal kellett vinni, előbb klubtitkárunk, *Bartha Lajos* nyugalmazott hiradó alezredes kis Trabantjával, majd az iskola öreg Barkasával. Később azonban saját erőből építettünk a csúcs közelében egy hőszigetelt konténert. Különböző problémák miatt itthon, Szentesen, már nem mehettünk fel a víztoronyba, ezért 2-3 kitelepüléses versenyre korlátozódott a tevékenységünk. Ekkor '8CE István kollégámmal kerestük a lehetőséget más módon a DX-ek elérésére. A meteornyomvonalas összeköttetések irányába fordult figyelmünk. Sajnos akkor még tárolós gyorsbillentyűnk nem volt, így két darab, háromsebességes szalagos magnóval csináltuk az összeköttetéseket. Egyikkel adáshoz gyorsítottuk fel a jelet végtelenített szalaggal, a másikkal vételnél lassítottuk azt. Később a tárolós el-key megépítésével sokat javult az összeköttetések hatásfoka.

Fiatal korom óta nagyon sok elektronikai készüléket konstruáltam és építettem, amelyek iránt a tágabb értelemben vett szakma is érdeklődött. Felmerült az igénye ezek dokumentálásának és publikálásának. Első cikkem 1979-ben a Rádiótechnika Évkönyvében jelent meg, „Alacsony keresztmodulációjú, nagy érzékenységű FET-konverter tervezése és építése a 2 m-es amatörsávra" címmel. A cikk igen kedvező visszhangra talált. Büszkén állíthatom, hogy még most, 40 év után is korszerűnek tekinthető közbenső földeléses FET bemenete és különleges ellenütemű keverője. Előbb *Stefanik Pál* (HA5BT), majd később *Békei Ferenc* (HA5KU) főszerkesztő uraktól folyamatosan kaptam a felkéréseket újabb és újabb cikkek megírására. Eddig közel száz cikkem jelent meg a hazai és a külföldi szakirodalmakban. A leghosszabb cikksorozatom a „VHF és UHF antennák elmélete és gyakorlata" című sorozat volt. 26 folytatást élt meg, több mint két éven keresztül ment. Cikkeim egy része on-line a http://www.HA8ET.hu/ web-oldalamon is olvasható. Sokat foglalkoztam antenna-elmélettel, -építéssel és -méréssel. Izgattak a kis zajú, magas intercept pontú vevőbemenetek, szűrők, sávszűrők, diplexerek, alacsony zajú VHF és UHF előerősítők, de foglalkoztam a hullámterjedés rendellenes jelenségeivel is. Később a CAD-CAM tervező programok felé fordultam. Azóta, is folyamatosan pub-

likálok a hazai és a külföldi szakirodalomban egyaránt. 1995-ben a Rádiótechnika folyóirat az év szerzője címmel ismerte el tevékenységemet.

Közben 1980-ban megszületett *Zoltán* fiunk. Ő, azóta gazdasági agrármérnök lett. Nem örökölte édesapja érdeklődési körét, de nagyon sokat segít cikkeim angolra fordításában, lévén angol szakfordító végzettsége is van. Köszönet érte!

A '80-as évek elején megalakult a Hullámterjedési Munkacsoport *Kertész Béla* (HA5FN) vezetésével. Rendszeresen tudósítottuk őt a műsorszórósávokban vagy az amatőrsávokban tapasztalt hullámterjedési rendellenességekről. Igyekeztünk, valamilyen formában előre jelezni a szporadikus E terjedés megjelenését a 144 MHz-es sávban. Bélának óriási munkája feküdt ebben a tevékenységben. Próbált valamilyen modellt felállítani az előre jelzésre. Sajnos korai halála miatt nem tudta munkáját befejezni.

Az 1980-as évek közepén nagy megtiszteltetés ért. Dr. Gschwindt András (HA5WH) az akkor alakult, és általa vezetett MRASZ elnökségbe meghívott elnökségi tagnak. URH koordinátori feladatot láttam el. Ezzel párhuzamosan megalakult az MHSZ keretein belül a Rádióamatőr Sporttanács. Oda is kaptam meghívást. Feladatunk volt a minősítő versenyek szabályzatának kidolgozása és kapcsolódás a nemzetközi versenyekhez. Az egyik ülésen az MSZMP tagokat kihívták valami „titkos" megbeszélésre, és addig ránk, a párton kívüliekre bízták a minősítő versenyekre tett javaslat kidolgozását. HA1YA Gabi barátommal úgy döntöttünk, hogy ha az ARRL DX verseny (USA) nem kerülhetett be a minősítő versenyek közé, akkor a szovjet rendezésű CQ-MIR versenyt is kivesszük onnan. Amikor a párttagok visszatértek az ülésre, ebből óriási botrány kerekedett. Ennek az lett a következménye, hogy többé nem hívtak meg bennünket az ülésekre...

A '80-as években rendkívül népszerű volt a Swan-antenna 144 MHz-en. Eléggé bonyolult volt a táplálása, ezért kidolgoztam egy-, kettő- és négyantennás elrendezéshez egy-egy illesztő megoldást. Nagy volt rá az érdeklődés, ezért HA5WH Bandi OM meghívott az HA5BME nyílt napjára, hogy ezekről ott tartsak egy előadást. Ezt követően az előadás anyaga sorozat formájában megjelent a Rádiótechnikában is.

Közben elkészültek az „utánégetők" 144 és 432 MHz-re. A 144 MHz-es 2×GSZ31B-vel ment, szokatlanul ellenütemű, és nem a szokásos parallel kapcsolásban. Ez a versenyeken is meghozta eredményét. Számtalan hazai és nemzetközi versenyen értünk el dobogós helyezéseket. 1986-87-ben 144 MHz-en a HG8KCP/3 csapat minden versenyt megnyert, amelyen elindultunk. A csapat tagjai: HA3PG, HA8CE, HA8CL, HA8ET és HA8FW. A technika sem volt utolsó! 2 db Sugiyama F-850 nagy dinamikájú alaprádió, QQE 06/40 meghajtó, 2×GSZ31B ellenütemű végfok és az antennafejbe telepített GaAs FET előerősítő. Az antennarendszer a csúcson felépített 4×14 elemes long-yagi volt, légdielektrikumú illesztővel egy 14 m magas kicsörlőzhető árbócon. Az összes technikai eszköz magántulajdon volt. Tervezgettük a továbblépés lehetőségeit. Ekkor a sors közbe szólt és a következő évadban egy rettenetes vihar összetörte hatalmas, kicsörlőzhető antennarendszerünket. Az újjáépítéshez nem voltak anyagi forrásaink, ezért a HA-HG8KCP rádióklub jogutód nélkül megszűnt.

A '80-as évek végén a 432 MHz felé fordult érdeklődésem. Elkészültek a berendezések. Ekkor költöztünk egy ötszintes panelházba, ahol engedélyt kaptam a tetőn antennarendszer kiépítésére. Tavaszi időszak lévén egyszer beköszöntött egy ragyogó Auróra-terjedés. Tucatnyi 144 MHz-es DX létesítése után, úgy döntöttem, adok egy általános hívást távírón 432,050 MHz-en is. Legnagyobb meglepetésemre jó néhány állomás visszahívott. Ekkor születtek az első magyar Auróra összeköttetések, és az első HG-UA összeköttetés is ezen a sávon, ami, azóta is hazai távolsági rekord.

1989 szeptemberében a MRASZ elnöksége megbízott egy jelölő bizottság létrehozásával és annak irányításával. Gondos közvélemény kutatás után felkértem 58, társai által elismert, jól képzett aktív rádióamatőrt, hogy vegyen részt a bizottság munkájában. 1989. december 9-én megtartottuk a küldött közgyűlést. Olyan MRASZ-t szerettünk volna létrehozni, ahol rádióamatőr mozgalmunk fejlődését nem akadályozzák a kinevezett vezetők, és a passzív ellenállásba vonult tagság ellentétei, ne nehezítse az irányítást egy működésképtelen, többszörösen alá- és mellérendeltségi viszony, ne kelljen energiánk egy jelentős részét „szélmalomharcokkal" lekötnünk. A megalakult új MRASZ megválasztott tisztségviselői elkezdték a munkát egy göröngyös, eddig nem járt úton.

1990-ben kertes házba költöztünk és ekkor klubtitkáromtól kaptam ajándékba egy leselejtezett Buda-Duga kicsörlőzhető, 14 m magas rácsos árbócot. Ekkor készült el az 1296 MHz-es berendezés is. Az egész felkerült a torony tetejére. Mivel a parabola antennám kevésnek bizonyult, ezért építettem egy 4×50 elemes loop-antennát. A 200 elem már lehetővé tette nagyobb DX-ek létesítését is.

Megromlott egészségi állapotom miatt 2000-ben vettem részt utoljára 432 és 1296 MHz-es versenyen. Utána már nem tudtam antennaárbócra mászni és lebontottam az egész rendszert. Ezzel a sávokban tanúsított aktivitásomat befejeztem. Mostmár csak a clusterekben követem a rádióamatőr forgalmazást. *Szomorúan tapasztalom, hogy a DX összeköttetések helyett a rádióamatőrök jó része két számítógép kommunikációját jegyzi be, amelyet elneveztek FT8 üzemmódnak. Erre a fajta kapcsolatteremtésre alkalmasabb az e-mail...*

A '70-es, '80-as években –, a szocialista iskolapolitika időszakában –, a neveléssel és az iskolarendszerrel próbálták eljuttatni a tanulóifjúsághoz a hivatalos állami, politikai nézeteket. Ez rányomta bélyegét az iskolai ünnepélyekre, a szabadidős foglalkozásokra és a hétköznapok munkájára egyaránt. Mivel e kérdésekről én másként vélekedtem, ezért az akkor kötelező társadalmi tevékenység elvégzéséhez más közeget kerestem magamnak. A rádióklubban délutánonként a diákok százait tanítottam meg morzézni, ami a sorköteles fiatalok számára betudható volt honvédelmi előképzésnek. Az iskola rádióklubja csak az MHSZ felügyelete alatt működhetett. Ott érdekes szemlélet uralkodott, mert a rádiót veszélyesebb fegyvernek tartották, mint egy töltött puskát. Ennek megfelelően a klub ajtaját évtizedeken keresztül egy vasajtóval is meg kellett erősítenünk.

1986-ban a tanagyagok kidolgozásáért a szakfelügyelet javaslatára miniszteri dicséretet kaptam.

Diákkorom óta mindig szoros kötelék fűzött iskolámhoz, szabadidőmet gyakran bent töltöttem a rádióklubban, utána munkám, majd családom is oda kötött. 41 éven keresztül, nyugdíjba vonulásomig gyakorlatilag a Pollák és a rádiózás határozta meg életemet...

Gyorsbillentyűk

Kőnig Imre villamosmérnök, im_re@freemail.hu

Ebben a cikkben áttekintjük a billentyűzés technikai eszközeinek fejlődését. Egyes megoldásokat csak röviden, másokat részletesen ismertetünk. Azok is kapnak némi támogatást, akik nosztalgiából szeretnék egyik-másik készüléket megépíteni. Az ismertetésben szereplő készülékek nagy része hivatkozás alapján visszakereshető a „Rádiótechnika" régebbi évfolyamaiban. A nem rádióamatőr szerző köszönetet mond Hriczó Istvánnak *(HA6ZX) és* Kontra Lászlónak *(HA7WI) hasznos tanácsaikért és* Király Jánosnak *(HA8KN) a billentyűiről készült fotók közlésének engedélyezéséért.*

A morzekód

Amikor *Samuel Morse* festőművész és feltaláló megalkotta a vezeték nélküli távírót, még számokkal kódolta a betűket. Ez hosszadalmassá tette a szövegek továbbítását. Égető szükség volt tehát egy tömörebb kódrendszerre. Ennek megalkotása is Morse nevéhez fűződik, bár a pletykák szerint az asszisztense keze is jócskán benne van. A Morse-kód az idők során kisebb-nagyobb változásokon ment keresztül. Mi a jelenlegi európai kódrendszerrel, ezen belül a nemzetközi forgalmazásban használt angol alkészlettel foglalkozunk.

Kezdjük az elején: kétféle jel van, a rövid és a hosszú. (Amerikában sokáig használatban volt a nagyon hosszú is.) Minek is nevezzük? Pontnak és vonásnak? A matematikusok egyöntetűen tiltakoznak: a pontnak nincs kiterjedése, rövid jelünknek meg jól definiált hossza van, pontosan a hosszú harmada. Ez az arány egyébként remek ötlet volt. Ti-nek és tá-nak? A zenészek tiltakoznak, mert az ő tá-juk pontosan kétszer olyan hosszú, mint a ti. Ráadásul kötelező a ti-re, mint nyolcad alapegységre építve nyolcad szünetek beiktatása. Tehát egy rövid jel ti+nyolcad szünet, egy hosszú pedig táá+nyolcad szünet (nem hiba, két á-val).

Mondhatnánk, hogy a mai magyar szóhasználatban a zenészek tiltakozása volt az erősebb, az angolban a matematikusoké, de a képzeletbeli vitát félretéve: a hazai gyakorlatban írásban általában az íráskép szerinti „pont" és „vonás" szavakat használjuk. Történetileg is ez a hiteles: a távírógép ilyen jeleket írt a papírra. Élőbeszédben, különösen ha a ritmust akarjuk érzékeltetni, nálunk is gyakori a ti és tá. Angol szövegekben a dit és dah szavakat használják.

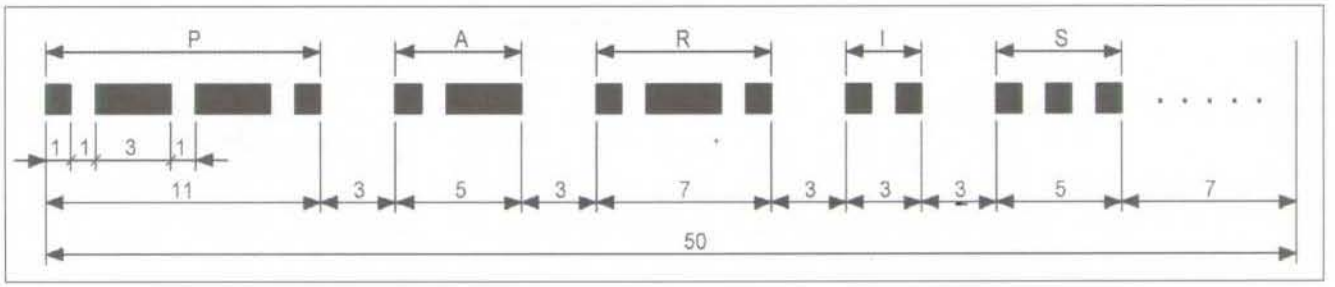
A viszonyokat az **1. ábrán,** a sebesség átszámítására használt PARIS szóval szemléltetjük. Ez az ábra az öt betűn kívül az azok önálló betűkénti értelmezéséhez szükséges szüneteket és a szavakat elválasztó szünetet is láttatja. [A PARIS egy szabványosnak tekintett, vagyis az európai statisztika szerint kb. átlagos ütemszámú szó, így 1 (mai európai) wpm = 50 elemi ütem/perc = 0,833 bps. Az amerikai (katonai eredetű) mintaszó 60 elemi jel időtartamú, így náluk 1 wpm = 60 elemi ütem/perc = 1 bps. Tehát az amerikai wpm 6/5-ször gyorsabb, mint az európai. Hogy a helyzetet tovább árnyaljuk: 1 wpm az eredeti (európai?) definíció szerint 47 ütem/perc = 0,7833 bps. A három különböző definíció ellenére az amatőr gyakorlatban mégsem az objektív bps egységet használják.] Az ábrán feltüntetett méretvonalak és számok a szokásos értelmezés szerintiek.

A szerző megközelítésében azonban minden aktív jelhez egyértelműen hozzátartozik az azt követő elemi szünet, így értelmezve a betűk egy elemi ütemmel hosszabbak, a betű- és szószünetek egy elemi ütemmel rövidebbek. Az átlagember számára elérhetetlen 200 amerikai wpm-mel számolva a sebesség 200 bps, ami a Gb/s nagyságrendű sebességek korában nevetségesen alacsony. A hasznosságát kevés, de lényeges információ átvitele esetén a Shannon-tétel ($C = B \times \log_2(1 + S/N)$) alapján foghatjuk fel: a szükséges csatornakapacitás nagyon szűk sávszélesség és nagyon rossz jel-zaj viszony mellett is rendelkezésre állhat.

Morzekódú szövegek gépi tárolása

Ha a pontokat, vonásokat és szüneteket – immár a szerző értelmezése szerint –, gépi tárolás céljából binárisan akarjuk leírni, három kézenfekvő megoldás adódik.

Az első szerint bitpárok felhasználásával kétnyolcados ütemeket alkotunk, ezeknek négy változata lehet:



1. ábra

teljesen üres, az első fele üres (ezt gyorsan elfelejtjük), a második fele üres, az egész megvan. Előny, hogy minden elem időtartama azonos és hogy ez a bitsorozat közvetlenül leadható, hátrány, hogy egy elemi jel akár két kódelem hosszúságú is lehet. A szó- és mondatszünet is beleillik ebbe a sémába, csak az üres elemek számát kell többszörözni.

A második szerint van pont a hozzá tartozó szünettel, vonás a hozzá tartozó szünettel és mindkettőnek az üres változata. Ebben a változatban kihasználjuk, hogy a ponthoz és a vonáshoz is automatikusan hozzátartozik az azt követő egy pont időtartamú szünet. A szó- és a mondatszünet ehhez adódik hozzá, vagyis önmagában egy ütemmel rövidebb, mint amekkora a teljes szünet. A hosszú üres redundáns, két rövidből összerakható, de tömörebb tárolást tesz lehetővé, és önmagában egyértelműen jelzi a betű végét. Itt az előny és a hátrány megfordul: a rögzítés tömörebb, viszont az adónak dekódolnia kell a kétbites elemeket. Ez a két tárolási mód, különösen a második, a régi, kis memóriakapacitású mikrovezérlőknél előnyös, *előre programozott komplett szövegek tárolására*, ahol a kiegészítő információ csak a kezdőpont címe. A bitsorozat végét a mondatszünet jelzi. A következő bájt elején kezdődő következő mondatig még felléphet 0-6 bit veszteség. Billentyűről rögzített szövegek ilyen, bitsorozatként tárolása és visszajátszása egyszerűen programozható, de mivel ezek általában előre kiosztott fix méretű helyekre kerülnek, a helyveszteség nagyobb.

A harmadik megoldás látszólag a legegyszerűbb és legtömörebb: a pont 0, a vonás 1, mindegyik után beiktatandó egy elemi szünet. A gond az eleminél hosszabb szünetekkel van, amelyek ábrázolására nincs lehetőség. Így aztán ezt a módszert csak *az egyes karakterekhez* tudjuk használni, és külön meg kell adni a karakterhez tartozó bitek számát. Így épülhet fel pl. egy ASCII–morze konverziós táblázat. A szövegeket ilyenkor ASCII karaktersorozat formájában tároljuk vagy fogadjuk, és e táblázat segítségével alakítjuk pontok és vonások sorozatává. A tipikus konverziós tábla két bájton ír le egy karaktert: az első az elemi jelek száma (nyolc elemi jelig 3 bit is elegendő lenne), a második bájt bitjei a pontot (0), illetve a vonást (1) reprezentálják. Ezt a megoldást elsősorban a számítógéppel kapcsolatot tartó gyorsbillentyűkben alkalmazzák. A billentyűről bevitt morze szövegek ASCII formátumra konvertálása azért, hogy később majd visszakonvertálhassuk, kissé körülményes.

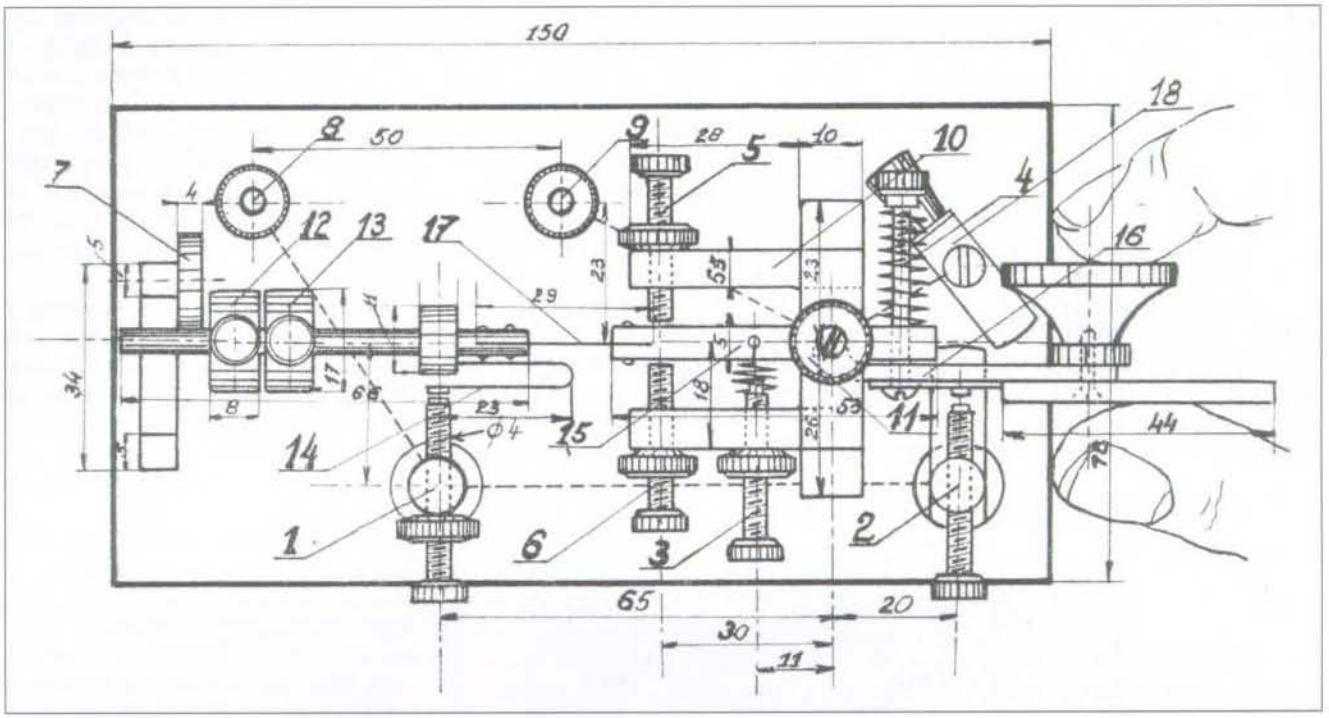
Az **1. táblázat** a kétféle kódolást illusztrálja: a betűk és számok ASCII- és morzekódja mellett azok kétbites egységekből felépített tárolt alakját tartalmazza a fenti két változatban, a végükön betűszünettel. Látható, hogy a 2. módszer az elsővel szemben a vonásokon ér el megtakarítást. További tulajdonságai, hogy 1. a betűk befférnek egy bájtba, vagy csak a záró betűköz lóg ki belőle és 2. a számok egységesen 12 bit hosszúak. A harmadik változat táblázata megtalálható az azt alkalmazó gyorsbillentyűk leírásában. Az ASCII kódtábla nem használt helyein a gyakori rövidítéseket szokták kódolni.

Karakter	ASCII hex	Morze	Tárolt1	Tárolt2
A	41	.-	10111000	101100
B	42	-...	111010101000	1110101000
C	43	-.-.	11101011101000	1110111000
D	44	-..	1110101000	11101000
E	45	.	1000	1000
F	46	..-.	101011101000	1010111000
G	47	--.	111011101000	11111000
H	48	....	1010101000	1010101000
I	49	..	101000	101000
J	4A	.---	1011101110111000	1011111100
K	4B	-.-	111010111000	11101100
L	4C	.-..	101110101000	1011101000
M	4D	--	1110111000	111100
N	4E	-.	11101000	111000
O	4F	---	11101110111000	11111100
P	50	.--.	10111011101000	1011111000
Q	51	--.-	1110111010111000	1111101100
R	52	.-.	1011101000	10111000
S	53	...	10101000	10101000
T	54	-	111000	1100
U	55	..-	1010111000	10101100
V	56	...-	101010111000	1010101100
W	57	.--	101110111000	10111100
X	58	-..-	11101010111000	1110101100
Y	59	-.--	1110101110111000	1110111100
Z	5A	--..	11101110101000	1111101000
0	30	-----	11101110111011101111000	111111111100
1	31	.----	10111011101110111000	101111111100
2	32	..---	101011101110111000	101011111100
3	33	...--	10101011101110111000	101010111100
4	34	....-	1010101011101000	101010101100
5	35	.....	101010101000	101010101000
6	36	-....	11101010101000	111010101000
7	37	--...	1110111010101000	111110101000
8	38	---..	111011101110101000	111111101000
9	39	----.	11101110111011101000	111111111000

1. táblázat

A mechanikus gyorsbillentyű

Az adót billentyűzéssel moduláljuk. A hagyományos billentyűt mindenki ismeri. Ha ezt használjuk, minden időzítési paramétert szó szerint a kezünkben tarthatunk. A billentyűzés elvileg egy, valójában a gyorsabb visszatérítés érdekében három ujjal



2. ábra

történik. Így a mechanika sebességkorlátozó szerepe csökken, a sebességet lényegében az ember fizikai képességei korlátozzák.

Aki először hallja a gyorsbillentyű elnevezést, arra is gondolhatna, hogy ez ugyanolyan, mint egy normális billentyű, csak könnyebben és gyorsabban jár. A jó mechanika persze elengedhetetlen, de a gyorsítás lényege nem ebben rejlik. Miután a fő korlát az ember, azt kell elérni, hogy a morze jelek adása minél kevesebb kézmozgással járjon. Erre talált tiszta mechanikus megoldást *Horace Martin*, az 1904-ben szabadalmazott Vibroplex billentyű megalkotója. Az általa 1905-ben alapított Vibroplex cég mindmáig gyárt gyorsbillentyű mechanikákat. Az eredeti Vibroplex karja a középállásból két irányú mozgást végezhet. Vonás irányban olyan, mint egy hagyományos billentyű, vagyis addig ad kontaktust, amíg nyomják, pont irányba mozdítva viszont egy mechanikus lengő rendszer (rugós inga) meghatározott ütemben kb. 50% kitöltéssel szaggatja a kontaktust, így pontok sorozatát állíthatja elő. A lengés periódusideje beállítható. Mivel ez a művelet járna a legsürűbb mozgással, a megtakarítás nyilvánvaló, és háttér elektronikára sincs szükség. A vonás hasonló ismétlése a gyorsítás szempontjából kevésbé jelentős, ezért az eredeti konstrukcióból kimaradt. A Vibroplex méretezett összeállítási rajza a **2. ábrán** látható. Működése röviden:

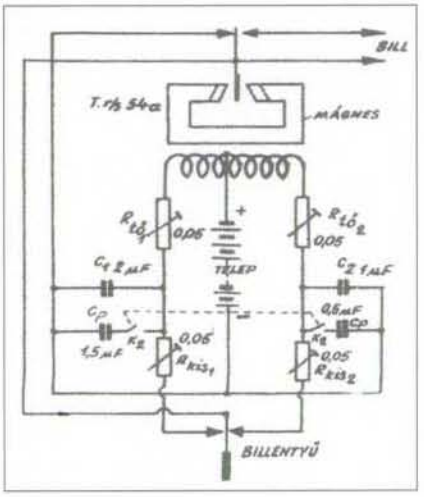
A kar a (11) ellenanyával biztosított csapágy körül fordulhat el. A kart balra nyomva a belső vége ütközik az (5) csavaron, majd a (4) rugó ellenében tovább mozduló (16) külső része zárja a (2) kontaktust. Ez az állapot addig áll fenn, ameddig a kart ebben az állásban tartjuk. Elengedéskor a kontaktust a (4) rugó ereje bontja. A (17) rugólemez deformálódik, de a (7) ütköző megakadályozza, hogy a belőle és a (12) és (13) súlyból kialakított inga lengésbe jöjjön. A kart jobbra mozdítva az a (6) csavaron ütközik fel, az inga lengésbe jön és periodikusan zárja az (1) kontaktust. A kimenet a (8)-(9) kapocspár. A szigetelt nyelű (18) kapcsolókar a (16) kar balra nyomásával tartósan rövidre zárhatja a (2) kontaktust, ezzel támogatva a hangolást.

Ha valaki azt kérdezné, hogy miért nem elektronikusan oldotta meg a feladatot, a válasz egyszerű: a trióda két évvel későbbi találmány. Bár a sebesség szempontjából a pontsorozat adása a kritikus, ha csak a pontot automatizáljuk, fennáll annak a veszélye, hogy a vonásoknál ritmust tévesztünk. Ezért (és mert hasonló módon megoldható) az újabb változatokban a vonás ismétlése is automatikus.

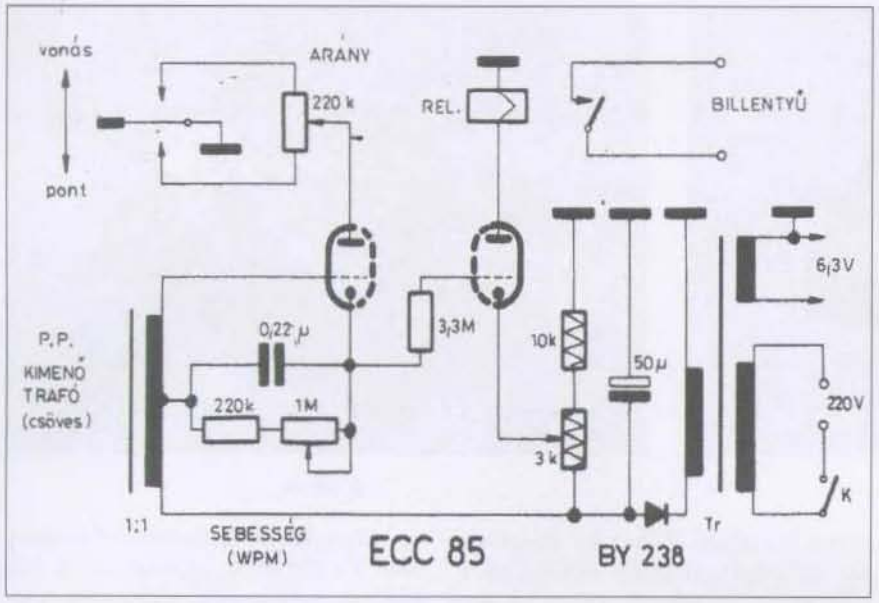
Ugyanaz elektronikus/elektromechanikus kivitelben

A kétféle jel két külön kontaktus általi fizikai megkülönböztetése lehetővé teszi, hogy az automatikus ismétlést elektronikus áramkörökre bízzuk. Kezdetben erre a célra aktív elemként jelfogók, majd elektroncsövek álltak rendelkezésre. Az időzítést minden esetben RC-tagok végezték. Később megjelentek a félvezetők, melyekkel szintén sokféle kapcsolás született.

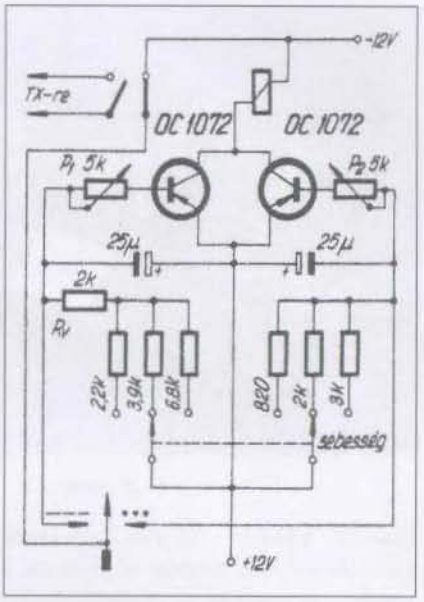
A jelfogós áramköröknek az volt a szépséghibája, hogy erősen függtek a szükséges nagy érzékenységű jelfogó nem túl stabil paramétereitől.



3. ábra



4. ábra



5. ábra

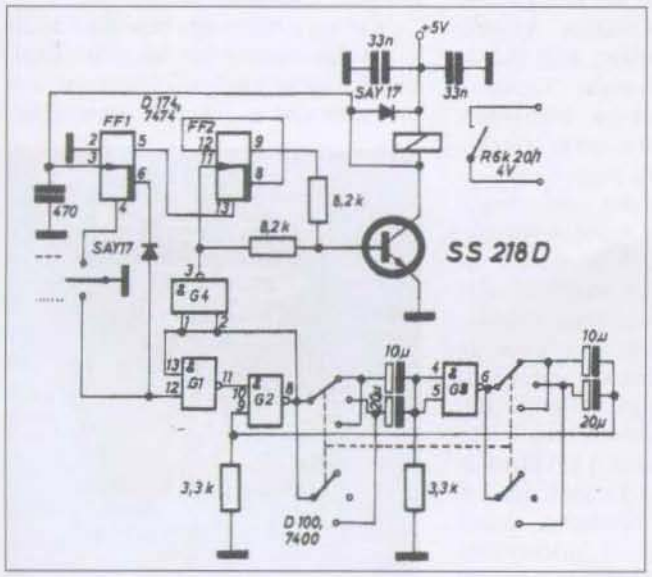
Egy ilyen áramkört mutatunk be a **3. ábrán**, a működés ismertetése nélkül. Néhány megjegyzés azért ide kívánkozik. A potenciométerek értéke megaohmban értendő. Minden mindentől függ, így a sebesség gyors állítására a potenciométerek használata reménytelen vállalkozás lenne. Az ábrán látható módszer, vagyis megfelelő értékű kondenzátor hozzáadása egyszerre mindkét oldalhoz, az egyetlen járható út.

Az elektroncsöves nosztalgiahullám jegyében említjük meg a *Hetényi László* (HA5BK) által bemutatott „Egyszerű, csöves elkey"-t a Rádiótechnika 1975/9. számának Amatőr kapcsolások rovatából **(4. ábra)**. A kettős triódás áramkörben az első triódával felépített relaxációs oszcillátor végzi a munka érdemi részét. Ekkoriban már többféle tranzisztoros kapcsolás is létezett, ezek közül illusztrációként *Seregélyes Ede* „Egyszerű tranzisztoros gyorsbillentyű" című, a Rádiótechnika 1966. évi 8. számában, vagyis több, mint 10 évvel korábban megjelent cikkét említjük meg. A kapcsolást az **5. ábra** mutatja.

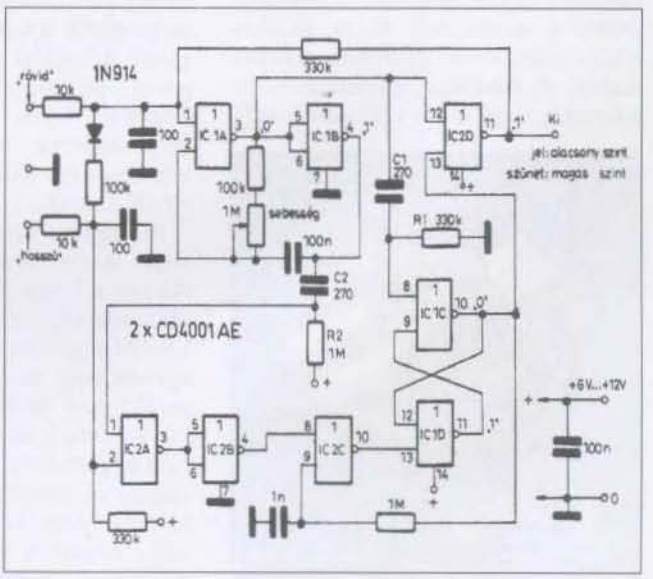
Egy TTL kapcsolás szerepel pl. a Rádiótechnika 1979/5. számának „Tallózás a baráti lapokból" rovatában **(6. ábra)**. *M. Kramer* (DM2CVO) nyomán ismertette *Kottra Gábor* (HA5NR). A kapcsolás kis szépséghibája, hogy a vonást még az azt követő szünet kezdete előtt el kell engedni, különben a vonás ismétlődik. Általánosságban is igaz, hogy a gyorsbillentyűk, főleg az egyszerűek, viselkedését ki kell tapasztalni. Ezt segíti, hogy a gyorsbillentyűt minden esetben akusztikus visszajelzéssel használjuk.

Egy CMOS megoldást ismertet *Bassó Andor* (HA5NM) a Rádiótechnika 1978. évi 11. számának „Amatőr kapcsolások"-jában a HAM Radio Magazine cikke nyomán **(7. ábra)**. Tervezője W3NNL. A CMOS kivitel előnye az igen alacsony fogyasztás. Ez a kapcsolás a maga korában népszerű volt az amatőrök körében.

Ezek és a felsorolásból kimaradt

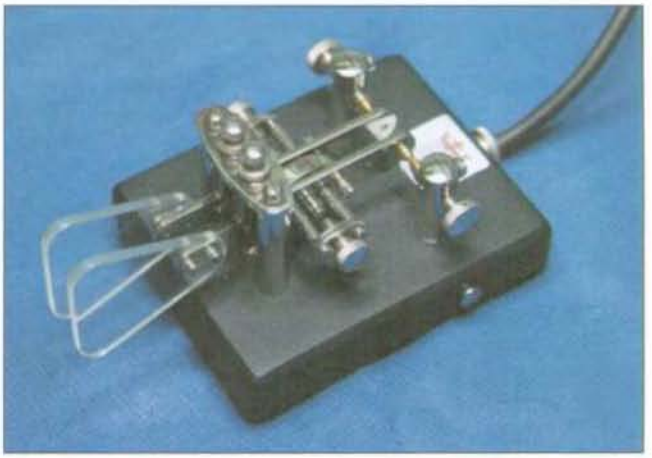


6. ábra



7. ábra

8 ábra



9. ábra

hasonló társaik valóban egyszerű gyorsbillentyűk, csupán a pont és a vonás automatikus ismétlését biztosítják, beállítható sebességgel. A legegyszerűbb változatokban a sebesség állítása csak néhány fokozatban lehetséges. Az egyszerű gyorsbillentyűkhöz egykaros, két irányban külön kontaktust adó billentyű szükséges. A **8. ábrán** HA8KN mágneses visszatérítésű egykaros billentyűje látható. A mágneses visszatérítést a legtöbben a rugósnál kedvezőbb karakterisztikájúnak ítélik meg.

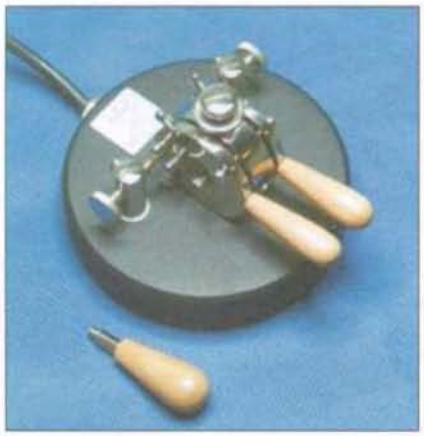
Ami több ennél: jambikus billentyűk

A szerző szeretné elkerülni a jambimatic szóval kapcsolatos helyesírási vitát (i-vel, j-vel, esetleg y-nal az elején, c-vel vagy k-val a végén), ezért ezeket a billentyűket az angol szóhasználathoz hasonlón röviden jambikusnak nevezi. A billentyű itt együtt jelenti a mechanikát és az elektronikát, mert ezek egymásra vannak utalva. A jambikus mechanikára az jellemző, hogy a két kontaktusa egyszerre is zárható. Ehhez két független kar szükséges. HA8KN néhány ilyen billentyűje látható a **9., 10.** és **11. ábrán**. A háromkaros változat „kettő az egyben".

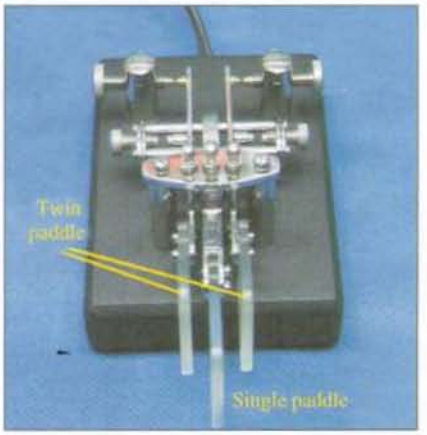
A kétkaros billentyűnek összesen négy állapota lehetséges, de ha az előző állapotot is figyelembe vesszük (és kell is), akkor többféle viselkedést írhatunk elő. Értelemszerűen ha egyik kontaktus sincs zárva, az szünet, kivéve, ha van tárolt információ, aminek az adását be kell fejezni. Ha valamelyik kontaktus önmagában van zárva, az vagy pontok, vagy vonások sorozata, amíg a kontaktus zárva van. Amiben dönteni kell, az az egyidejű zárt állapot. Erre az a szabály, hogy felváltva ismételjük a jeleket, amíg ez az állapot fennáll. Azzal kezdjük, amelyiket előbb zártuk, és azzal fejezzük be, amelyiket később bontottuk. Van két kritikus szituáció: ha egyszerre záródik, ill. ha egyszerre bontódik a két kontaktus. Az első esetre prioritási szabályt kell kidolgozni, pl. hogy ilyenkor vonással kezdünk. Ilyen szabály hiányában nem adhatunk semmit, amíg a helyzet meg nem oldódik,vagyis amíg az egyik kontaktus magára nem marad. A másodikra kétféle szabály létezik: angol nevén iambic A és iambic B. Az egyik befejezi az aktuális jel adását, a másik még hozzáteszi a másikat. Mintavételes rendszerekben az egyidejűség az azonos mintavételi perióduson belüliséget jelenti, így kis különbségek esetén a megítélése nem egyértelmű. Emiatt a két kritikus szituációt érdemes elkerülni. Ha ezt tesszük, nem kell törődnünk azzal, hogy éppen A vagy B billentyűvel dolgozunk. A jambikusnak mondott áramkörök még e szabályokon belül és az egyidejű változástól eltekintve sem viselkednek egyformán. A különbség a mintavétel eltérő időzítésére – jelidő alatt, de pergésmentesítési idő után, jelidő végén, szünetben, szünet végén, ill az egymás mellettiek valamilyen kombinációja – vezethető vissza. A furcsaságok elsősorban az egyszerű változatokra jellemzők.

Logikai integrált áramkörökkel viszonylag könnyen tervezhetünk jambikus elektronikát, de a szükséges integrált áramkörök száma az egyszerű elektronikához képest megnő. *Sáska Zoltán* (HA5KA) „Jambimatic" című cikkében (Rt. 1973/7.) egy öt integrált áramkörös kapcsolás vázlata és nyákterve található. A kapcsolási rajz (**12. ábra**) nem a megszokott szimbólumokat használja, így sokak számára nehezen értelmezhető. A billentyű fölött látható dióda nem tekinthető korrekt megoldásnak. Ettől még működhet kifogástalanul.

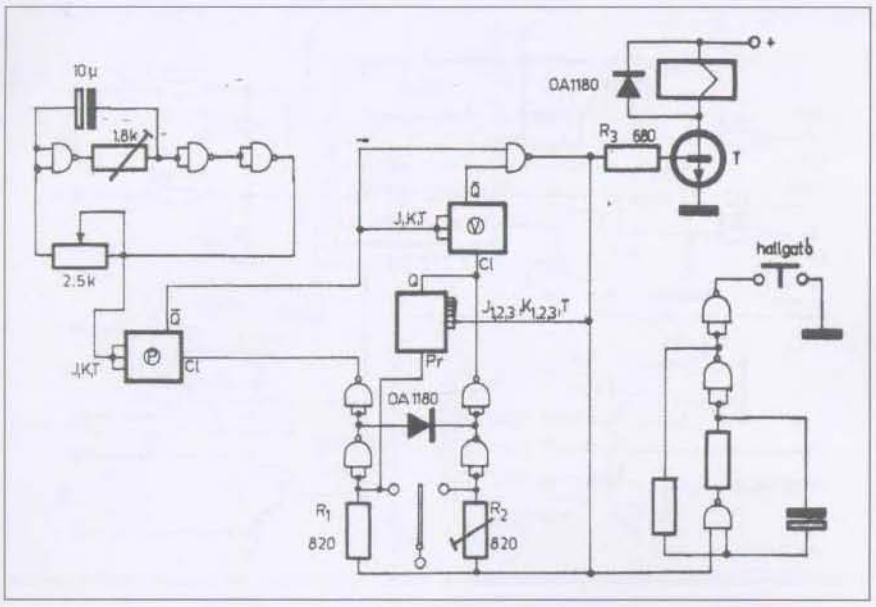
Kering a neten egy jambikus elkey kapcsolás csupán két integrált áramkörrel, egy diódás VAGY kapuval, ami már nem fért az integrált áramkörök-



10. ábra



11. ábra

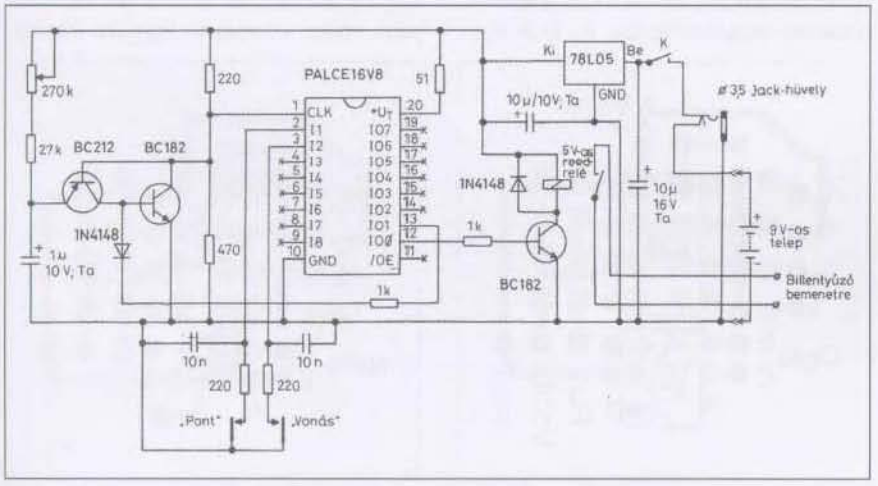


12. ábra

be, és önhang nélkül,ami +1 IC lenne. Ez lehet a legegyszerűbb változat, a legkisebb elemszámmal. Ennél valószínűleg csak bonyolultabb kapcsolások léteznek, tehát, ha nem akarjuk, hogy SSI és MSI áramkörökből tervezett elkeyünk alkatrésztemető formát öltsön, pakoljuk be egy PLD-be!

Egy ilyen megoldásra találunk példát *Schulz Gábor* (HA7SG) cikkében, ami a Rádiótechnika 1999. évi 8. számában jelent meg „Jambimatic, programozható logikával" címmel. A felhasznált integrált áramkör egy AMD gyártmányú PALCE16V8 (**13 ábra**). A jambikus működés számára a pont mintavételezése a vonás (aktív részének) végénél történik. A cikk tartalmazza a kapcsolási rajzon felül az állapotdiagramot és a PALASM forráslistát is, a JEDEC fájlt azonban nem. Ez a típus ma már nem ajánlott. Ha valaki kipróbálná ezt az elkeyt, célszerű a programot egy kis fogyasztású (Q vagy inkább Z posztfixű), még kapható GAL-ra lefordítania.

A szerző ezt – a várhatóan csekély érdeklődés ellenére – már megtette, *az ATF16V8BQL-re biztosan használható JEDEC fájl a CUPL nyelvre átírt forrással együtt megtalálható a honlapunkon*. Egy utánépített példány tesztelése folyamatban van. A megépítés korlátját az jelenti, hogy viszonylag kevesen rendelkeznek PLD programozásra alkalmas „égetővel". A cikkben említett kihívás (az oszcillátor is legyen a PLD-ben) elvben nem komoly. Van két szabad áramkör, öt szabad bemenet és két szabad kimenet. A problémát az ilyen alacsony frekvenciákhoz használandó, a PLD számára kellemetlenül nagy kapacitás és ellenállás okozza. A szerző nem kísérletezett a megoldással.



13. ábra

Színre lép a mikrovezérlő

A szerző, aki maga nem rádióamatőr, és így nem ismerte a megvalósítandó jellemzők gyakorlati fontossági sorrendjét, már sok évvel ezelőtt készített PIC12C509-cel működő gyorsbillentyűt, a sebességállítás módjától eltekintve nagyjából az előbbivel megegyező képességekkel. Ennek PIC12F509-re átdolgozott változatát részletesen ismertetjük.

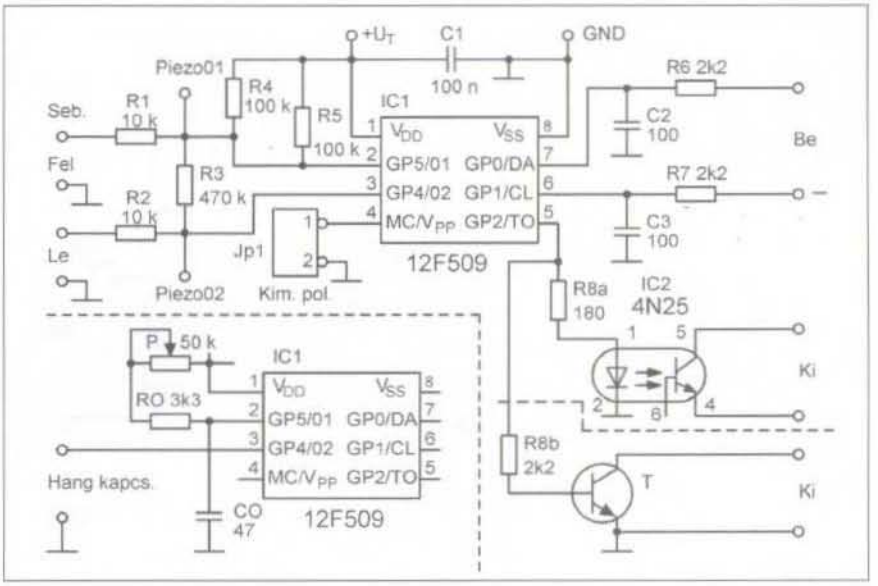
A legegyszerűbb, megszakítási lehetőséget sem tartalmazó, nyolclábú mikrovezérlő kemény kompromisszumokra kényszerít. Minden időzítés a 4 MHz-es belső órajelre támaszkodik, és időzítő programhurokkal történik. Áramkörünk önhangot is generál. Ez a leggyorsabb ciklus, így ennek frekvenciája határozza meg a beállítható sebességeket. Ezek 800 Hz-es önhangnál kb. a 10-80 wpm tartományba esnek egy 16 tagú, nemlineáris felosztású sor szerint. A GP4–GP5 önhangkimenet ellenütemű, és szünetekben bemenetként szolgál. Az ide csatlakozó két gomb állítja a sebességet fel-, ill. lefelé. Billentyűző kimenetként nyitott kollektoros NPN tranzisztort vagy optocsatolót használhatunk. Ha az NPN tranzisztor gyors működésű (Reed) relét húz, áramkörünket bármilyen bemenetű adó billentyűzésére használhatjuk. Az opto kényes helyen galvanikus leválasztást biztosíthat.

Az áramfogyasztás ezt megengedi, akár két ceruzaelemről is. A mikrovezérlő az előre programozott számú elemi szünet észlelése után elalszik, fogyasztása 1 uA alá csökken. A teljes áramkör fogyasztása ennél nagyobb lesz, de ha úgy tervezzük meg a kimenet meghajtó áramkörét, hogy szünetben szinte ne fogyasszon, még mindig elég kicsi ahhoz, hogy ne kelljen kapcsolót használni. Így a sebességbeállítás is megőrződik. A mikrovezérlő bármelyik bemenetének első változására információvesztés nélkül felébred, csupán a kimenet kezdete fog jelentéktelen mértékben késni. A jel hosszát ez nem befolyásolja, a csúszás öröklődik. A gyorsbillentyű szigorúan szabványos ütemekkel dolgozik, egyedül a szünetek nyújthatók a billentyűzés által. Fontos korlátja még, hogy a billentyűt a

szünetben olvassa be, így a jelidő alatt érkező, de a szünetidőben már nem fennálló információ elvész.

Aki gyermekbetegségei ellenére meg akarná építeni ezt a változatot, annak néhány konstrukciós tanács a **14. ábrán** látható áramkörhöz. A 14. ábráról lemaradt 10 nF-os bemeneti hidegítő/zavarszűrő kondenzátorokat közvetlenül a 6,3 mm-es sztereo jack-hüvelyre forrasztjuk. Innen rövid kábel megy a panel bemeneti pontjaira. Különösen kedvezőtlen esetben RH vagy URH fojtó közbeiktatására is szükség lehet. A GP0 és GP1 bemenetre csatlakozó 2,2 kohmos ellenállások elsősorban a bemenetek áramát korlátozzák, de az ugyanide csatlakozó 100 pF-os kondenzátorokkal a bemeneti RF-, ill. tranziens zavarszűrésben is részt vesznek.

GP2 a billentyűző kimenet. A panel a kimenet meghajtására vagy egy nyitott kollektoros tranzisztort (NPN pl. BC182 vagy NMOS pl. VN2410), vagy egy optocsatolót fogadhat be, a kétféle beültetési rajz szerint. Ennek megfelelően kell megválasztani a GP2-re csatlakozó soros áramkorlátozó ellenállás értékét is. Ha a normális esetben szabadon maradó GP3 bemenetet földre kötjük, akkor a billentyűző kimenet fázisa fordított lesz. (Lógó GP3 esetén GP2 szintje a jelidő alatt magas, a szünetidő alatt alacsony.) GP4 és GP5 a már említett, ellenütemben vezérelt önhangkimenet. Az ellenütemű vezérlőjel megfelelően választott piezohangsugárzóval elegendő hangerőt biztosít. Az önhangkimenet csak nagy impedanciával terhelhető, ellenkező esetben a sebességállítás működésképtelenné válik. A felhúzó ellenállások a jelszünetben jutnak szerephez, amikor GP4 és GP5 sebességállító bemenetként működik.

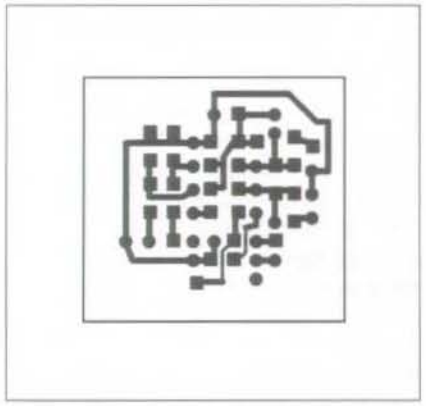


14. ábra

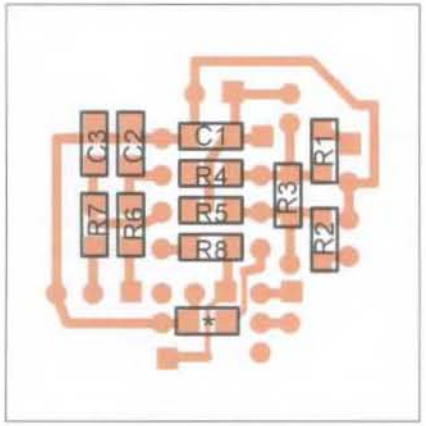
Az egyoldalas nyákpanel **(15. ábra)** alkatrészekkel két oldalról beültetett. Beültetése kétféle, a billentyűző kimenet kialakítása szerint: NPN tranzisztor vagy opto. A **16.a ábra** a forrasztásoldali beültetés. A *-gal jelölt 180 ohmos ellenállást csak a tranzisztoros kimenethez lehet beültetni, a kimenő polaritás megfordítására. A **16.b ábra** az alkatrészoldali bekötés optóval, a **16.c ábrán** a tranzisztoros változathoz szükséges módosítás látható.

A második változat folytonos sebességállítást biztosít a mikrovezérlő órajelének hangolásával, de a beállítás még mindig fülre történik, bár a potenciométert skálával lehet ellátni. Ennek az a következménye, hogy az önhang előállítását, mivel annak a frekvenciája is az órajellel változna, ki kell venni a mikrovezérlő hatásköréből: csupán egy önhang kapuzó kimenet marad, logikai szintű vezérléssel. A módosult részlet a 14. ábra bal alsó sarkában látható. Így tehát vagy kell mellé egy 800 Hz-es kapuzható oszcillátor, vagy egy, jellemzően 800 Hz-nél jóval nagyobb frekvenciájú piezo zümmert kell használni hozzá.

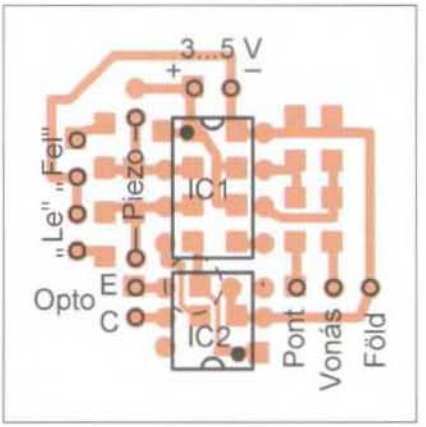
A potenciométeres sebességállítás következtében a két nyomógomb szükségtelenné vált, de szabad láb sem maradt volna számukra. Egy kis csalás-



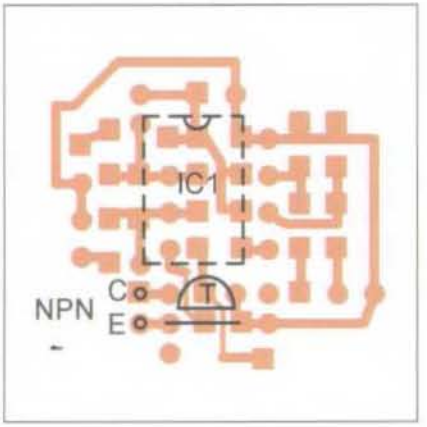
15. ábra



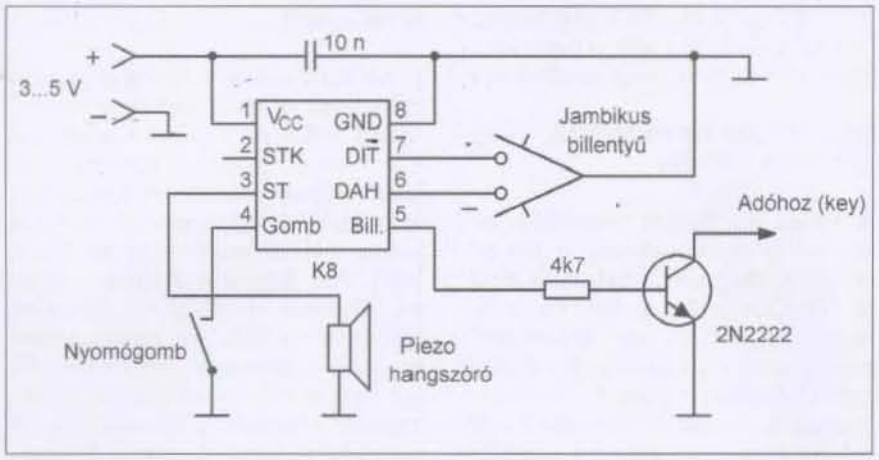
16.a ábra



16.b ábra



16.c ábra



17. ábra

sal, módosított beültetéssel ugyanazt a panelt használhatjuk, bár önhangáramkörnek vagy zümmernek nincs helye rajta. A csalás abban áll, hogy a változtatható ellenállásnak kötött sebességállító potenciométeren kívül a vele sorba kötött frekvenciakorlátozó ellenállásnak sincs helye, azt a potenciométerre kell forrasztani. A FEL gomb helyét rövidre zárjuk, a frekvenciameghatározó kondenzátor R1 helyére kerül. A frekvencia meghatározó elemek értéke szórt paraméterek és gyártási szórás függvénye, a rajzon feltüntetett értékek tájékoztató jellegűek. A soros ellenállás 3,3 kohmnál, a kapacitás 47 pF-nál kisebb ne legyen. Ha nullára szabályzott potenciométerrel még mindig túl nagy a sebesség, a kondenzátor értékét célszerű növelni, ez alacsonyabbá és stabilabbá teszi az órafrekvenciát. Ha az átfogás kicsi, a potenciométert 50 kohmra cserélhetjük. *Ennek a változatnak a programja honlapunkról (ezen Évkönyv tartalomjegyzékénél) letölthető.*

Mindkét változat tartalmazott egy primitív gépadót, ez azonban csak bekapcsolás után adta le az egyetlen, előre programozott szöveget, a program verziószámát. (A gépadó a szerző szóhasználatában a tárolt szövegek automata adóját jelenti.) A gépadó szövegének kódolása a 2. sémát követte.

A K8+

Most lássuk, mire ment ezzel kb. egyidőben egy hasonló nyolclábú PIC mikrovezérlővel egy hozzáértő rádióamatőr, *Steven S. Elliott, K1EL*! A K8 gyorsbillentyű elektronika és annak utolsó, immár több, mint 20 éves változata, a K8+, a hazai amatőrök között is népszerű, vagy legalábbis az volt. Már a szemléletben megmutatkozik a különbség: a gyorsbillentyű számos paramétere beállítható. A beállításra külön üzemmód áll rendelkezésre, amihez a GP3 (RA3) gomb legalább 2 másodperces nyomva tartásával férhetünk hozzá. A parancsot és annak esetleges paramétereit ezután billentyűzni kell. A gomb rövid lenyomása a beállítás mód elhagyása után a beállítás módban utoljára kiválasztott mondatot küldi adásba. Ezekből öt előre programozott áll rendelkezésre, melyek közül az utolsó kettőnek az elejére maximum 15 karakter betoldható.

A felprogramozott mikrovezérlő külön és szettben is kapható volt, de már régóta csak a használati utasítása található meg K1EL honlapján. A gyorsbillentyű alapkiépítése a **17. ábrán** látható. Ez az elrendezés a régi, elektroncsöves, negatív feszültséggel billentyűzött adókhoz nem alkalmas. Az e célra javasolt kapcsolás a dokumentációban megtalálható.

A használható parancsok:

A: önhang ki/be (parancs módban mindig van önhang, de adás nincs).
C: hívójel memória feltöltése.
D: A mondatmemória ellenőrzése (a K8+ önhangja leadja).
F: A betűszünet beállítása (0...9), ennyi pontidő adódik hozzá.
I: váltás Iambic A és Iambic B mód között.
K: direkt mód: a vonás billentyű közvetlenül billentyűzi az adót.
L: A mondat változó részének feltöltése.
M: Mondatválasztás (az előre programozott 5-ös készletből).
P: Gyakorló mód: az elektronika véletlen karaktereket küld az önhang kimenetre.
S: sebességállítás WPM-ben.
T: Hangolás: a billentyűző kimenet aktív, amíg bármelyik billentyű nyomva van.
U: automatikus betűszünet ki/be (az eleminél hosszabb szünetet betűszünetre egészíti ki).
W: sebesség ellenőrzése (számjegyekkel lejátssza a wpm értéket).
X: a pont és vonás bemenet felcserélése (balkezes op vagy elkötés).
Z: váltás jambikus és „DE" mód között (DE módban a két egyszerre nyomott billentyű a „DE hívójel" sorozatot adja).

Rövid specifikáció:
Sebesség: 5-49 WPM
Fix mondatok: 5 db
Hívójel: 1 db, max. 8 karakter
Felhasználói memória: max. 15 karakter
Táp: +5 V, 5 mA/ 1 uA
Önhang: 1-4 V DC amplitúdó 100 ohmon, 800 Hz.
Bemenetek: TTL, alacsony aktív szintű (belső felhúzókkal)
Billentyűző kimenet: TTL, magas aktív szintű

Mint látható, ez az elkey is szigorú időzítésű, e téren csak a sebességet és a betűszünet hosszát változtathatjuk. Ezzel együtt is az alkalmazott mikrovezérlő képességeihez képest a K8 csúcsteljesítménynek mondható. Az eredeti, már nem kapható K8 helyettesítésére *Eric Pierce VA3EP* PIC16F628-ra átdolgozott K8 shareware programja érhető el a neten. Ugyanott a módosított bekötés (a 16F628 18 lábú!) is megtalálható. Ez az átalakítás az egykor nagyon népszerű PIC16F84-re átdolgozott változat alapján készült. Nem túl szerencsés, mert viszonylag drága a mikrovezérlő, és használata hardver átalakítást igényel. Ma már könnyű okosnak lenni: a 8 lábú PIC12F1840-ben minden erőforrás megvan, amit az átalakított program használhat a 16F628-ban, így a program minimális erőfeszítéssel újra „nyolclábúsítható". Igaz, a PIC16F1840 ennél jóval többre képes. Ha valakit még érdekel a K8, a szerző szívesen adaptálja a mások által már kétszer átírt programot erre a nyolclábúra, természetesen felelősség nélkül. A nyolclábú mikrovezérlők fejlődésével lépést tartva a K-sorozat ma már K16-nál jár. Ma ez kapható felprogramozott IC-ként, ill. szettben vagy késztermékként. A K16 nem

lábkompatibilis a K8-cal. A lábkiosztás megváltoztatására a perifériák miatt volt szükség. A teljes kiépítésű K16 egyetlen bemeneten tudja kezelni a sebesség potenciométert és a négy gombot.

A K8-hoz hasonló tulajdonságokkal rendelkezik DK3LJ *Jan Lategahn* ATtiny45 alapú YACK (Yet Another CW Keyer) gyorsbillentyű elektronikája is, bár a lehetőségek csak részben fedik egymást. 2012-ben készült 0.7-es változatának két hex fájlja a neten elérhető. A nyílt forráskódú programot AI4SV *Jack* 2013-ban kényelmi szempontok figyelembevételével módosította. Így jött létre a JACKYACK program. (A YACK elektronikára HA6ZX, aki maga is fejleszt ATTiny mikrovezérlős alkalmazásokat, hívta fel az ezt a mikrovezérlő családot nem használó szerző figyelmét.)

Továbblépés

Időzítési lehetőségek

Az elmélet nagyon szép, de a jel számos tényező következtében nem úgy érkezik meg, ahogy billentyűztük. A dolog már az adóban kezdődik, ahol a billentyűzés módjától függő késleltetések léphetnek fel. A rádiófrekvenciás terjedést most nem vizsgáljuk. A demoduláció időállandói megint különbözőek lehetnek felfutásra és lefutásra, bár ez a különbség az adott hullámhosszak mellett elhanyagolható. Füllel dekódolásnál a fülből és agyból álló dekódoló rendszer sem mentes a fel- és lefutásra nézve eltérő időállandóktól. Már csak ezért is érdemes olyan rendszert kialakítani, ahol lehetőség van a jel-szünet arány kisebb módosítására, esetleg az adási sebesség függvényében is. Ehhez természetesen el kell szakadnunk az egyetlen időzítővel rendelkező, megszakítást nem ismerő mikrovezérlő típusoktól. A lépésköz, az egyszerű programozhatóság kedvéért kettes számrendszerben gondolkodva, lehet pl. az elemi időzítés 1 tizenhatoda, de kellően „erős" és kellően nagy sebességű mikrovezérlővel ennél jóval sűrűbb is lehet. A finoman állítható időzítések másodlagos felhasználása az „ízes", ámde nem szabványos morze „beszéd" kialakítása. Az eddig felsorolt, az érthetőség javítását, illetve az egyediséget szolgáló beállítási lehetőségek mellett beállítható időzítéseket igényel a PTT automatizálása is. A K16-ban már számos lehetőség van az időzítések beállítására.

Gépadó mondatválasztéka, programozása, elérése

A K8-at, korlátozott memóriája miatt, 3-féle mondatcsomaggal lehetett rendelni, vagyis a felhasználás módját (standard, verseny, QRP) a rendelésnél meg kellett adni. Billentyűről programozni a hívójelet és két mondat első 15 karakterét lehet. A választás a csomag 5 mondatos készletéből több másodpercet vesz igénybe (legalább 2 másodperc a programozási üzemmód kiválasztása, utána a mondatválasztás egy számjeggyel, utána a K8 visszaigazol). Az így előre kiválasztott mondat adása már egyetlen gombnyomással történik. Még ha a mondatok száma elegendő is, különösen versenykörülmények között, gyorsabb elérés lenne indokolt, pl. néhány további nyomógomb segítségével. A K16 maximális kiépítésében ez megoldott. Célszerű az egyes mondatokhoz, „de luxe" kivitelben akár azok egyes részeihez is saját sebesség és jel-szünet arány programozási lehetőségét biztosítani. Az előre programozott mondatok mellett célszerű a szabad szövegeknek több helyet hagyni.

Riport támogatása

A feladat három szám inzertálása egy fix szövegbe. A számok megadhatók pl. tárcsás kapcsolókkal, potenciométerekkel, numerikus billentyűzettel, vagy akár a riport indítása után a billentyűről, aszinkron módon. A tárcsás kapcsoló kényelmetlen, így csak elvi lehetőség. A numerikus billentyűzet a valósághű riport adását támogathatja, de multiplex letapogatással is 7-8 lábat igényel a mikrovezérlőn. (Ellenálláslánc felhasználásával beolvashatjuk egyetlen analóg lábon is. Amíg csak egy gombot nyomunk, így is egyértelmű lesz az eredmény.) A hagyományos megoldás a billentyűzés, esetleg rövidített formában. Hasonló feladat a sorszámozás. Ezt általában automatikus növeléssel kötik egybe, aminek elvileg csak a kapcsolat befejezésekor szabad megtörténnie, hogy a sorszámot addig ismételni lehessen. Előfordul azonnali automatikus növelés is, de akkor az ismétlés előtti csökkentés lehetőségéről is gondoskodni kell.

Saját kijelző

A K8 beállításánál a fülünkre és nagy mértékben az emlékezetünkre voltunk utalva: a K8 morzejelekkel nyugtázta a beállítást, egyedül a sebességet lehetett néhány másodperc feláldozása árán bármikor lekérdezni. A K16 már vissza tudja játszani szinte az összes beállítását. Egy saját kijelzőn viszont az alapvető beállítások állandóan láthatóvá tehetők. Ez természetesen nagyobb lábszámú mikrovezérlőt igényel. A lehetséges kijelzők közül egyedül a háttérvilágítás nélküli LCD nem növeli észrevehetően a fogyasztást. A K sorozat tagjainak egységesen 8 lábú mikrovezérlője ezt a lehetőséget kizárja. Nagyobb mikrovezérlővel hazai amatőrök is készítettek elkeyt kétsoros LCD-vel.

Programozás számítógépről

Ha nem akarunk a számítógépre emiatt speciális programot telepíteni, és a szerző garantáltan nem akar Windows programot írni, akkor a mikrovezérlő programjába építünk be egy terminálszervert, ami aztán a PC-n futó terminálemulátoron keresztül használható. A terminálszerver felkínálja a választékot, aztán a számítógép billentyűzetéről lehet választani. Figyelembe véve, hogy egy mai számítógépen már nincs soros port, a kapcsolat vagy USB-képes mikrovezérlő választásával vagy soros-USB adapter használatával biztosítható. Ahhoz, hogy a szövegeket is a számítógépről programozhassuk, a mikrovezérlő programját el kell látni egy ASCII-morze kódkonverterrel.

Billentyűzés számítógépről

Ugyanezen a kapcsolaton keresztül közvetlen üzemmódban billentyűzhetünk is. Ehhez a programot kódkonverterrel kell ellátni, de ezt már a mondatok programozásához is meg kellett oldani. Másik követelmény a jelentős mértékű pufferelés, mivel ma a PC-elkey kapcsolatban szinte kizárólagos USB HID mód kiszolgálása alacsony prioritású, és így az elkey által vett csomagok időzítése bizonytalan.

Átmeneti változatok

A szerző, amikor e cikk írásába fogott, még úgy gondolta, hogy a PIC16F1xxx

sorozat magfüggetlen perifériáira támaszkodva létrehozza saját nagytudású, számítógépről programozható elkey elektronikáját, LCD-vel, saját numerikus billentyűzettel. A számítógépes billentyűzés lehetősége kimaradt volna. Hozzá is látott a megvalósításhoz. A netet kutatva azonban kiderült, hogy hazai amatőrök is több konstrukcióval vannak jelen ezen a területen, így, a korlátozott idejét is figyelembe véve erről a szándékáról letett. Az amatőrök ilyen igényeikkel a netes fórumokon megtalálják egymást. Ugyanebbe az irányba hatott, hogy a PC-t használó amatőrök PC-n futó log programot használnak, és így az ilyen kategóriájú elkeytől elvárják az együttműködést az ismert log programokkal. Ehhez viszont teljes kompatibilitás szükséges egy támogatott gyorsbillentyű kommunikációjával és parancskészletével. A szerző által elképzelt terminálos megoldásnak így korlátozott a létjogosultsága.

A WinKeyer

A legtöbb amatőr ma ezt tekinti etalonnak. K1EL e terméke jelenleg a 3-as változatnál tart és többféle kiépítésű szettben kapható, de megvásárolható külön a felprogramozott mikrovezérlő is, elfogadható áron. Ez az áramkör online kapcsolatot tarthat egy Windowst futtató számítógéppel. Elsődleges feladata tökéletes időzítés biztosítása a Windows billentyűzetről érkező karakterek adásához. Erre a célra egy 160 karakteres puffert használ. Együttműködik az ismert log programokkal. Széleskörű beállítási lehetőségekkel rendelkezik, a beállítások elvégzéséhez nem kell kilépni a log programból. Offline (független) üzemben a billentyűről is programozható. A sebesség potenciométerrel (is) állítható. Kimenete elektroncsöves végfokok rácsban történő modulálására is alkalmas. Ez a földfüggetlen szilárdtest relés kimenet ±350 V, 150 mA-t kapcsolhat. A PTT kimenet a jel kimenet előtt aktiválódik, és aktív marad az adás végéig. Az eredetitől eltérő célra is használható. USB portja az FTDI soros-USB átalakítóját alkalmazza, ezért használata előtt telepíteni kell az FTDI drivereket. Installálás és a billentyű csatlakoztatása után a WKscan programmal lehet megtalálni a PC-WK kapcsolathoz rendelt PC portot. A későbbi műveletekhez pl. a WKtools programot használhatjuk.

Az elektronika bekapcsoláskor független üzemmódban ébred, és abban is marad, amíg nem kap a PC felől egy „Host open" parancsot. Ezután a PC általában egy inicializáló blokkot küld, hogy összhangba hozza a WinKeyer beállításait a sajátjaival. A WK kétoperátoros, a számítógépes felületről megadható, hogy melyik operátorhoz tartozó paramétereket töltse be. A független módba visszatéréshez a PC-nek egy „Admin close" parancsot kell küldenie.

A PC-ről programozható paraméterek

Súlyozás. A pont és a vonás hosszából arányos rész elvehető, ill. ahhoz hozzáadható. A paraméter egy szám, ami a jel hosszának 50-ed részében értendő, így az 50 alatti értékek csökkentik, az 50 fölöttiek növelik a jel hosszát. Az adási sebesség nem változik, a szünet megfelelően módosul. Ez az arány a sebességtől függetlenül megmarad.

Billentyű kompenzáció. Ez a paraméter fix értékkel nyújtja meg a pontot és a vonást (a szünet kárára), vagyis ez a nyújtás százalékban kifejezve az adási sebesség növelésével nő. Az értéket ms-ban kell megadni.

Betűköz. A szabvány betűköz nyújtható. A nyújtást a szóköz százalékában lehet megadni 0 és 62 között. (A százalékban mért nyújtás a 0 és 31 közötti paraméter kétszerese lesz.)

Mintavételi késleltetés. (Pergésmentesítési idő.) Az az idő, aminek el kell telnie egy billentyűészlelés után, mielőtt a következő érvényes billentyűészlelés megtörténhet. A pergésmentesítési idő 10 és 90 közötti értéket vehet fel, és a pont idejének 50-ed részében értendő (50 = 1 pont). Túl kis értéke hamis észlelést eredményezhet, túl nagy értéke gátolja az előrebillentyűzést.

Pont-vonás arány. A szabványos arány 1:3. A paraméter ezt torzítja el a következő képlet szerint:

vonás/pont = 3(nn/50), ahol nn a kétjegyű paraméter.

PTT induló és záró késleltetés. (Bevezető és farok késleltetés.) A PTT kimenet bármelyik szokásos használata esetén ennek a kimenetnek bizonyos idővel a jel kezdete előtt kell aktiválódnia és a vége után kell passziválódnia. A bevezető késleltetés 0 és 250 ms között állítható 10 ms lépésekben. A farok késleltetés ugyanígy. Ezzel az a baj, hogy a záró késleltetést sebességarányossá kellene tenni, hogy a mindenkori sebesség függvényében áthidaljon egy szóközt. Erre szolgál a HangTime nevű paraméter. Ez négy fokozatban állítható, értéke 1 szóköz + 1, 2, 4 vagy 8 pontidő.

Billentyű watchdog. A billentyű watchdog letiltja a bemenetet 128 egymás utáni pont vagy vonás után, mivel ezt nem szándékosnak tekinti . Ez a funkció letiltható.

Billentyűfordítás. Megcseréli a billentyűk funkcióját. Balkezes op számára hasznos, de ezzel korrigálható egy kábelelkötés is.

Önhang csak a billentyűről. A számítógépről érkező szöveg nem hozza működésbe az önhangot.

Billentyűnémítás. A billentyű nem generálhat kódot.

Billentyű echo. Ha engedélyezett, a billentyűzött karakterek a számítógépbe is továbbítódnak.

Soros echo. A számítógép által küldött karaktereket leadásuk után visszaküldi a számítógépbe, így az megtudhatja, hol tart az adás. A szövegbe épülő pufferelt parancsokat és azok paramétereit nem küldi vissza.

Autospace. Ha egy szünet tovább tart egy pont időtartamánál, a WK automatikusan szóközre egészíti ki. A WK ezalatt tárolja a billentyűzést.

Versenyszóköz. Egy pontidővel rövidíti a szóközt.

Billentyűzési üzemmódok. Iambic A, iambic B, straight/Bug, Ultimatic, pont prioritású, vonás prioritású választható. A straight mód egykaros billentyűhöz való, a többi mód az egyidejűséget kezeli eltérő módon.

Sebesség potméter használata. Ez a parancs arra utasítja a WK-t, hogy a számítógép által előírt beállítást figyelmen kívül hagyva a sebesség potméter szerinti értéket használja.

Sebesség potméter minimum és maximum. Ezzel a paranccsal a sebesség potméter határait lehet megadni. A minimum legalább 5, a maximum legfeljebb 99 wpm. Ezt a tartományt lehet igény szerint szűkíteni.

Önhang engedélyezés. Az önhang ki/be kapcsolható. Az adóvevő önhangjának használata esetén, vagyis az esetek többségében a sajátra adásnál nincs szükség.

Önhang frekvencia. Az önhang frekvenciája kb. 500 és 4000 Hz között finom lépésekben szabályozható.

SO2R engedélyezés. Kétrádiós

üzemmódot tesz lehetővé, de némi hardverkiegészítés szükséges.

Önálló üzemmód

Ebben az üzemmódban a WK a K8-hoz hasonlóan fogadja a billentyűről érkező parancsokat, csupán azok köre bővebb.A parancs gomb nyomva tartásakor a WK kb. 2 másodperc után R-rel válaszol, ezzel jelzi, hogy kész (ready) a következő parancs fogadására. A parancsok egy betűből és az azt esetleg követő paraméterekből állnak. Az angol ábécé mind a 26 betűjéhez tartozik parancs, de ez sem elég, a ritkábban használt parancsok almenübe kerültek.

- A: az önhangot kapcsolja felváltva be és ki. A WK R-rel nyugtáz.
- B(m,dd): Easy Beacon, az m sorszámú szöveget ismétli nn másodpercenként.
- C(nn): parancssebesség wpm-ben.
- D: sorszám csökkentése (1-gyel). Válasz: D.
- E: mondatcsoport cseréje. Válasz 1 pont, ha az első, kettő, ha a második csoportot választotta.
- F(nn): Farnsworth sebesség állítása. A betűk közötti szünetet lehet beállítani úgy, hogy az eredő (Farnsworth) sebesség lassúbb legyen. Gyakorláshoz használatos.
- G: hangolási kitöltési tényező alapérték: 50 és 100% között vált.A válasz A, ha 50%, N, ha 100% lett.
- H(n): PTT Hang Delay beállítása (0...3), értelmezés mint a PC-ről. A paramétert E betű kéri be.
- I(nn): betűköz nyújtás a paraméter (0-31) értékének kétszerese százalékkal.
- J(nn): pergésmentesítési idő, ld. a PC-s részben
- K: billentyűzési mód. A paraméter egy betű: iambic B=B, iambic A=A, Ultimatic=U, Straight=S, pont prioritás=E, vonal prioritás=T.
- L(nn): PTT induló késleltetés: 0 és 99 között.
- M: adásnémítás, felváltva némít és visszakapcsol. Válasz A, ha némított, N, ha visszakapcsolt.
- N(nnnn): négyjegyű sorszám bevitele. Az értéktelen (kezdő) nullákat is be kell írni. A tárolt szövegben elhelyezett /N helyére másolódik be, a szöveg leadása után eggyel nő.
- O: váltás az 1. és 2. billentyű kimenet között. A válasz egy, illetve két pont.
- P(m,d): gyakorló mód. M=R, ha csak vétel, E, ha le is kell adni ugyanazt, d=1...4, nehézségi fok.
- Q: az aktuális beállítások lekérdezése. A WK egy betűkkel tagolt paraméterblokkot (16 adatot) küld vissza.
- R(nyomógomb): az önhang csatornán lejátssza, de nem adja le a gombbal kijelölt szöveget. A beágyazott parancsokat is lejátssza, nem hajtja végre.
- S(nn): alapsebesség wpm-ben. A potenciométer teljesen letekert állásában érvényes sebesség. A minimum 5, a maximum 99. T(nn): farok késleltetés. Értéke három pont + a paraméter x 10 ms.
- U: autospace ki/be. Válasz A, ha bekapcsolta, N, ha kikapcsolta.
- V(nn): billentyű kompenzáció. nn ms-ot ad az aktív szakaszhoz és vesz el a passzívból.
- W(nn): billentyű súlyozás: A pont és a vonás hosszából arányos rész elvehető, ill. ahhoz hozzáadható. A paraméter a jel hosszának 50-ed részében értendő, így az 50 alatti értékek csökkentik, az 50 fölöttiek növelik a jel hosszát. Az adási sebesség nem változik, a szünet megfelelően módosul. Ez az arány a sebességtől függetlenül megmarad.
- X: belépés a kiterjesztett parancs módba, amin keresztül további 14, ritkán használt parancs érhető el.
- Y(nn): pont-vonás arány állítás. Vonás/pont=3(nn/50). Alapértéke 50.
- Z: önhangfrekvencia: a pont csökkenti, a vonás növeli. A parancs gomb megnyomása elmenti az aktuális értéket.

A kiterjesztett mód parancsai ritkán használatosak, ezért ebből az ismertetésből kimaradnak, de online megfelelőjük leírása fent megtalálható.

Beágyazott parancsok

A WK tárolt,ill. PC-ről kapott szövegeibe parancsok ágyazhatók. Ezek a parancsok akkor hajtódnak végre, amikor a szöveg adása során sorra kerülnek, Így az adás paraméterei menet közben is módosíthatók.

/Bnn: a szöveg elején elhelyezve beállítja a beacon ismétlési időközét.
/Cn: meghívja az n sorszámú szöveget, leadja, visszatér az eredeti szöveghez.
/D: csökkenti a sorszámot.
/E: szövegcsoportot vált.
/Hn: HSCW sebességet választ.
/Inn: nn·2 százalékkal nyújtja a betűközt.
/Knn: nn másodpercig billentyűzi az adót
/M: lejátssza a felhasználó hívójelét
/N : lejátssza a sorszámot, utóinkrementálással.
/O : billentyű kimenet váltása.
/P: billentyű bemenetre vár, egy szó után visszatér.
/Qn: QRSS sebesség beállítása (6 érték, táblázatból).
/R: a következő két betűt összevontan kell leadni.
/Snn: új adási sebesség beállítása (wpm, 5-59).
/Un: PTT be/ki (0 = ki, 1 = be).
/V= lejátssza a tápfeszültséget.
/Wnn: nn másodperc várakozás (00-99).
/X: törli a sebességmódosító parancsok (/S, /H, /Q) hatását.
/Yn: relatív adási sebesség változtatás felfelé (+0-9 wpm).
/Zn: relatív adási sebesség változtatás lefelé (-0-9 wpm).
/1.../6: ugrás az 1. ... 6. tárolt szövegre (az aktuális blokkban), nem tér vissza.

Mint látható, minden adás közben értelmes művelet elvégezhető ezekkel a parancsokkal.

Még azt kell megemlíteni, hogy a CW rádiósok többmilliós közösségének örömére a modern adókészülékek általában rendelkeznek valamilyen bépitett gyorsbillentyű elektronikával.

Ezzel az ismertetés végére értünk. Önkényesen választott példáink bemutatták a gyorsbillentyűk fejlődésének főbb állomásait a kezdetektől napjainkig. Sebességben, szolgáltatásokban túl sok fejleszteni való nem maradt. Esetleg a meglevőket lehet áttenni más platformokra. A gépi vétel ehhez képest jelentős lemaradásban van, itt van még mit fejleszteni. Ez azonban bizonyos szint fölött lényegesen bonyolultabb feladat, részben éppen a gyorsbillentyűk szabálytalan időzítési lehetőségei, de sokkal inkább a vételi zavarok miatt. Amit ezek szűrése terén az emberi fül-agy rendszer nyújtani tud, annak a többé-kevésbé hű modellezésétől még messze járunk, és nem is várható túl gyors fejlődés. A lassúság ezen a téren nem feltétlenül baj, hiszen ha eljutunk oda, hogy a gép a dekódolásban is utóléri az embert, mi marad az amatőrnek?!

Rádióamatőr készülékek, antennák

Fordította: dr. Sipos Mihály okl. villamosmérnök

Rövidhullámú PA IRF520-szal

A következőkben bemutatásra kerülő berendezés jó példát mutat arra, hogyan lehet olcsó teljesítmény MOSFET-eket használni a rövidhullámú rádióamatőr erősítőkben. Leggyakrabban ezeket a MOSFET-ek kapcsoló, szabályozó és más, ehhez hasonló áramkörökben használják, nem pedig lineáris erősítőkben. Ugyanakkor a gyakorlati élet azt mutatta, hogy ez utóbbi esetben is jól megállják a helyüket. Továbbá képzeljük el azt a szituációt, amikor az amatőr készülékünk bemérésekor a mérőfej véletlenül megcsúszik és egy több ezer forintos félvezető már el is szállt – az IRFxxx MOSFET-ek ára pedig csak pár száz forint! Ez utóbbi is fokozza a rádióamatőrök érdeklődését az IRF sorozat iránt. Ugyanakkor nem korrekt dolog ezen MOSFET-eket linearitás, frekvenciamenet stb. jellemzők tekintetében összehasonlítani a speciálisan a széles frekvenciasávú lineáris erősítők számára készített félvezetőkével.

Előzmények

Egy napon a szerző, UA3DJG *Nyikoláj* OM kezébe került egy olasz gyártmányú KL-60 típusú erősítő (27 MHz, 60 W). A szép doboz méretei – hűtőbordákkal együtt is – csak 110×110×40 mm voltak. Kipróbálásakor kiderült, hogy az erősítő képtelen 30...35 W-nál többet kiadni magából. Amikor pedig más frekvenciasávon próbálta ki, leégett az egész berendezés. A szép készülékházat nem akarta kidobni, ezért úgy döntött, beleépít egy saját erősítőt, amely az összes RH amatőr sávban képes dolgozni és a kimenő teljesítménye 50 W. A meghajtására elegendő a szerző rendelkezésére álló „Elecraft KX3" adóvevő 5 W teljesítménye. Ez az 50 W éppen elegendő teljesítmény a versenyezéshez használt csöves erősítők meghajtásához. Végül is az eszköz két funkció ellátására lett alkalmas: egyrészt kitelepüléskor használható, kis méretű és tömegű, akár akkumulátorról is működtethető (U = 13,6 V esetén az áramfelvétel kb. 10 A) 10 dB-es végerősítő, másrészt csöves, nagy teljesítményű erősítőt meghajtani képes berendezés.

Kissé előreszaladva el kell mondani, hogy egyáltalán nincs szükség arra, hogy készülékünket ilyen kis térfogatba bezsúfoljuk. Nagyobb készülékházat, radiátorokat használva az alkatrészek is szellősebben lesznek elhelyezhetők. Fontos, hogy a hűtőfelületek képesek legyenek kényszerhűtés nélkül 50 W-ot eldisszipálni. Ha pl. egy számítógépből kitermelt ventilátort használunk a hűtéshez, akkor a hűtőfelületek kisebbre is vehetők.

Elvi működés

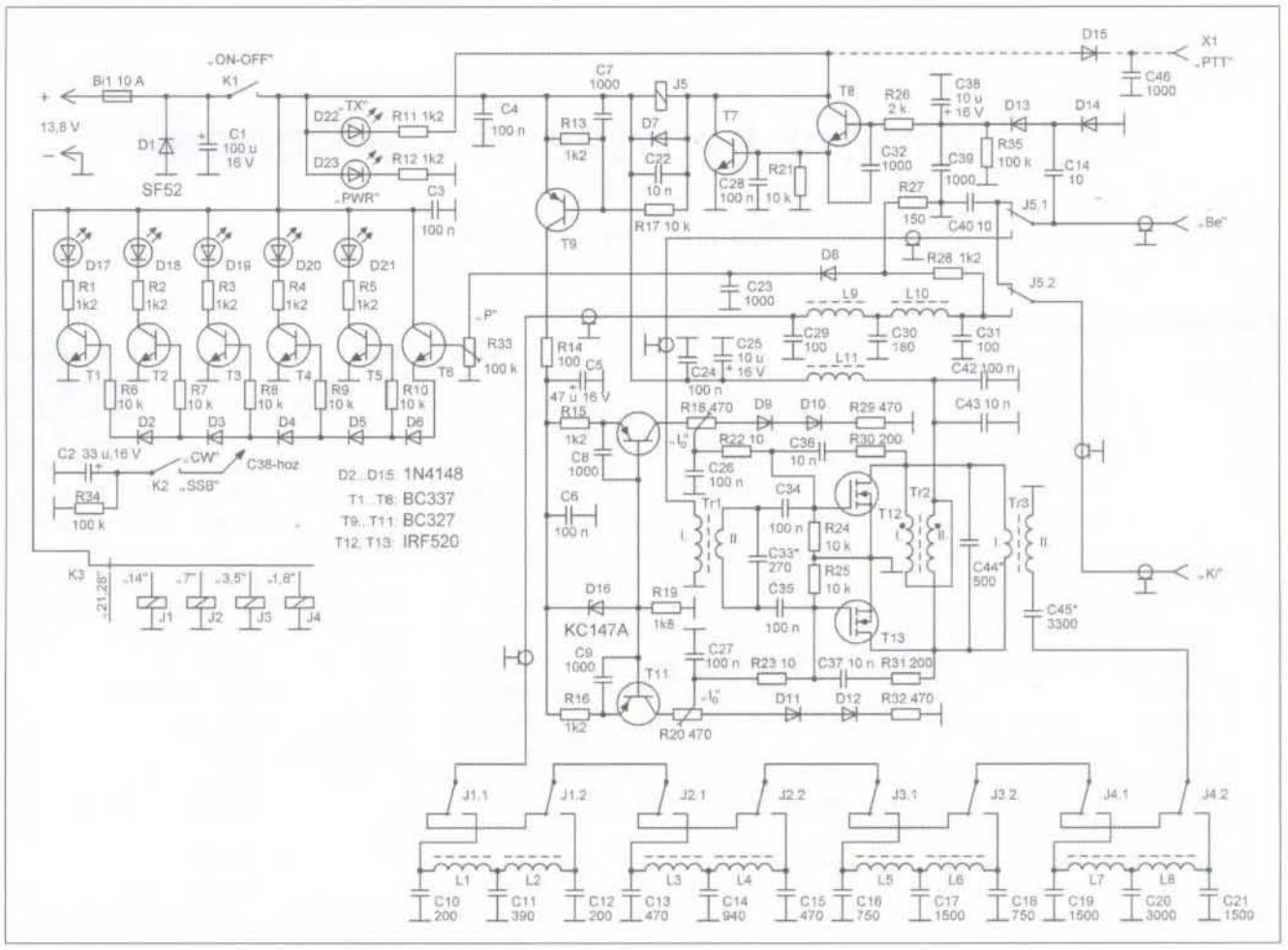
Vegyük szemügyre az **1. ábrán** bemutatott teljesítmény erősítő kapcsolási rajzát. Ha az erősítőre nincs tápfeszültség ráadva, azaz K1 kapcsoló bontott állásban van, akkor a „Be" csatlakozó a J5.1 és J5.2 relé kontaktusok révén közvetlenül rá van kötve a „Ki" kimeneti csatlakozóra, a jel az erősítőt megkerüli. A C40 kondenzátor feladata az SWR javítása, különösen a magasabb frekvenciák esetében. Ha bekapcsoljuk a tápfeszültséget, úgy a T7, T8, D13, D14 félvezetőkből és a J5 reléből felépített automatikus adáskapcsoló (RF VOX) áramkör készen áll a működésre. Amint ennek a bemenetére egy min. 0,1 W nagyságú jel kerül, úgy meghúz a J5 relé, az erősítő adás üzemmódba lép, valamint kigyullad a „TX" üzemmódról informáló D22 LED. Ennek során a bemenő jel a J5.1 relé kontaktusokon át a Tr1 transzformátor primer tekercsére kerül, míg a másik, J5.2 érintkező csomag az erősítő kimenetét (az aluláteresztő szűrő kimenetét) köti össze az „Ki" kimeneti csatlakozóval.

Az, hogy a berendezés mennyi idő múlva tér vissza RF VOX állapotból vétel üzemmódba, az elsősorban a C38 kondenzátor nagyságától függ. Ezért SSB üzemmódban ajánlatos ezt az időt megnövelni, nehogy a gyorsan változó hangjelben bekövetkező szünet (pl. lélegzetvétel időtartama) adásból vételbe billentse át berendezésünket. Ezért a K2 kapcsoló segítségével a C38 kondenzátorral párhuzamosan kapcsolódik a C2 kondenzátor és az R34 kisütő ellenállás.

A fenti adás üzemmódba való automatikus átkapcsolásnak hátránya is van, ami a kondenzátorok feltöltődési idejének betudható késleltetés miatt lép fel. Az átkapcsolás ideje alatt az adó-vevő terhelés nélkül marad. Általában ez nem vezet semmiféle negatív következményhez, azonban szükség esetén az erősítőt bevett módon is át lehet kapcsolni. Az adó-vevőből jövő PTT-jel segítségével adás üzemmódban a „PTT" kontaktusnak földre való kötése. Erre szolgálnak a rajzon szaggatott vonallal ábrázolt D15, C46, PTT elemek. Ha nem akarjuk az RF VOX-ot használni, úgy az ehhez az áramköri részlethez tartozó alkatrészeket nem is kell beforrasztani.

A T9-et tartalmazó kapcsoló fokozat adja rá adás üzemmódban a kimeneti tranzisztorokra az előfeszültséget. Ennek a kimenetén található az R14, C5 lánc, amely kb. 5 ms-mal késlelteti a T12 és T13 gate előfeszültségének ráadását, ami megkönnyíti a J5.2 relé kontaktusainak munkáját (ezek kapcsolják rá az erősítő kimenetére az antennát). Ezeken a kontaktusokon az RF-jel egy kicsivel J5 relé behúzása után jelenik meg, mivel a relé meghúzási ideje 3...4 ms, az előfeszültség ráadásának késletetése pedig 5 ms. Ha a relénk ennél lassabban dolgozik, pl. 6...7 ms a meghúzási ideje – ami a relék többsége esetében megszokott időtartam –, úgy C5 kapacitását növeljük meg max. 100 mikroF-ra.

A T12, T13 MOSFET-ek nyugalmi árama 125 mA, mely szintet egy nagyon egyszerű, a T10, T11, D9...D12 félvezetőkkel felépített hőstabilizáló áramkör segít megtartani. (Ez az áramköri megoldás W6JL erősítőjéből szár-



1. ábra

mazik.) A D9, D10 diódákat erősítsük a T12 tokjára, a D11, D12-t pedig a T13-ra. W6JL azt is tanácsolja, hogy a diódákat ragasszuk rá a MOSFET-ekre, azonban a cikk szerzője csak a diódák (és az R29, R32 ellenállások) lábát hajlította a szükséges pozícióba úgy, hogy a diódák gyakorlatilag a tokokon fekszenek. Ez abban az esetben bizonyul hasznos megoldásnak, ha a végtranzisztorok valamelyike tönkremegy és ki kell azt cserélni. Bár erre végül is nem került sor, a diódák továbbra is fektetve maradtak. Még a végtranzisztorok hűtőtestjei erőteljes felmelegedésekor sem lett nagyobb a nyugalmi áram 100...150 mA-nél.

A T10, T11 tranzisztorok ne legyenek közvetlen kontaktusban a hűtőtestekkel, hanem a saját lábaik segítségével egy bizonyos távolságra legyenek azoktól. Az R18 és R20 trimmerpotenciométerekkel állítsuk be T12 és T13 nyugalmi áramát, ennek során a gate-eken levő feszültség 3...4,8 V között változik. Ha ezt a feszültségsávot el akarjuk valamilyen irányban mozdítani, úgy változtassuk meg rendre R15 vagy R16 értékét. Erre leginkább akkor lehet szükség, ha a kimenő tranzisztoraink paraméterei eltérnek a rajzbeliektől – bár a MOSFET-ek többsége általában 3,3...3,8 V gate-source feszültségnél kezd el kinyitni. A kimeneti feszültség stabilságát mutatja az a tény is, hogy a tápfeszültségnek 9...13 V közötti változtatása során az előfeszültség értéke csak max. 0,03 V-tal változik meg. A D16 jelű, KSZ147A típusú Z-dióda helyett célszerű más gyártmányú, jó minőségű 4,7 V-os zenert használni.

A harmonikusok szintjének elfogadható mértékűre való csökkentése érdekében az erősítő kimenetén egy átkapcsolható aluláteresztő szűrő található. A 28 MHz-es sávú aluláteresztő szűrő az összes frekvenciasávban bekapcsolva marad, ami tovább javítja a jel spektrumának tisztaságát a 35 MHz-es frekvenciák fölött, az 1,8...14 MHz-es sávban. Nem utolsó sorban ehhez a megoldáshoz kevesebb relét kell felhasználni. Mivel a 14 MHz-es sávhoz tartozó aluláteresztő szűrő vágási frekvenciája 19,5 MHz körül van, ezért ezt használhatjuk a 18 MHz-es sáv esetében is. A 28 MHz-es sávhoz tartozó szűrő (melynek vágási frekvenciája 34,4 MHz körüli) használható a 24 MHz-es sáv esetében is. Természetesen építhetünk egy ennél bonyolultabb, minden sávra külön szűrőt tartalmazó berendezést is, azonban egy „úti" rádió berendezés esetében aligha van szükség ilyesmire.

Az erősítő kimenő feszültségének egy része a mintegy tízszeres jelszint csökkenést okozó R27, R28 ellenállásosztóról a D8 egyenirányítóra kerül, majd innen egy ötfokozatú LED-es optikai indikátorra. Ez utóbbi egy széles körben ismert kapcsolás alapján lett megépítve. Az indikátor alapján mód nyílik a kimeneti teljesítmény hozzávetőleges megállapítására 10...50 W között. A D1 dióda és a Bi1 olvadóbiztosíték a fordított tápfeszültség bekötés ellen védenek. A dióda bármilyen típusú lehet, fontos az, hogy min. 5...10 A nyitóirányú áramot el

bírjon viselni. Helyhiány miatt a szerzői variánsban ez az olvadóbiztosíték nem a készülékházban, hanem a pozitív tápfeszültség kábelbe szerelten lett elhelyezve.

Megépítés

Az alkatrészek döntő többsége üvegszálas nyák-lapra van beültetve. A beültetés „repülő" módon történik, az egyes forrfelületeket a szükséges helyeken egy éles késsel alakítsuk ki. A LED-es indikátor egy 26×21 mm-es, felületszerelhető nyákon lett megépítve.

Magának az erősítőnek a nyáklapját a doboz közepére helyezzük el, a J1...J5 reléket ragasszuk a nyák-lap mentén a doboz belső felületére. A J5 relét közvetlenül a „Be" csatlakozó mögé ragasszuk, míg a többit egymás után a „Ki" felerősítésére szolgáló falra. Az aluláteresztő szűrőket is repülő szereléssel erősítsük fel a relék kivezetéseire, majd kikeményedő műanyagragasztó segítségével rögzítsük a relék testéhez, illetve a hűtőfelületekhez. Úgyszintén „repülő" szereléssel kössük be az R27, R28, R30, R31, C36, C37, D8 alkatrészeket is.

Az aluláteresztő szűrők adatai az **1. táblázatban** találhatók. Próbáljuk meg a meneteket a ferritgyűrűkön egyenletesen eloszlatni. A Tr1...Tr3 transzformátorok adatai a **2. táblázatban** láthatók. Ezek elkészítésének minőségétől függ az erősítő átviteli karakterisztikája. Ugyanakkor ez nem jelenti azt, hogy csak a **2. ábrán** látható vasmagokat lehetne használni. A Tr1 és Tr3 ún. kétlyukú vasmagok „kettős csöveit" helyettesíthetjük például 600...1000 permeabilitású, D = 10...12 mm-es toroidvasakból képzett oszlopokkal. (Ilyenek elkészítésének leírását megtalálhatjuk a szakirodalomban.) Tr2 is megvalósítható bármilyen 100...600-as ferritgyűrűn. Az L11 fojtó 8 menet D = 0,8 mm-es lakszigetelésű rézhuzal D = 10 mm-es, 600...2000-as ferritgyűrűre (a permeabilitás értéke nem kritikus). A J1...J5 relék pl. TIANBO gyártmányú, HJR-1-2C-L-12V jelűek, kétmorzésak. A J1...J4 relék tekercseivel párhuzamosan kössünk kondenzátorokat és diódákat (ezek az 1. ábrán nincsenek feltüntetve) a J5 relé analógiájára!

Az összes RF csatlakozást a lehető legrövidebb vezetékkel (ajánlatos a 0,5 mm-es teflonszigetelésű, rugalmas, sokeres rézkábel) készítsük el. Ahol a vezeték hossza meghaladja a 2...3 centimétert, ott használjunk 50 ohmos koaxkábeldarabot. A K3 sávkapcsoló lehet pl. tárcsás forgókapcsoló. Az erősítő külső képe és belseje a **3.** és **4. ábrán** látható.

Tekercs	Frekvencia MHz	Vasmag	Menetszám	Huzal
L7, L8	1,8	T50-2	29	D = 0,56 mm lakkszigetelésű rézhuzal
L5, L6	3,5	T50-2	22	
L3, L4	7	T50-2	15	
L1, L2	14	T50-6	12	
L9, L10	21...28	T50-6	9	

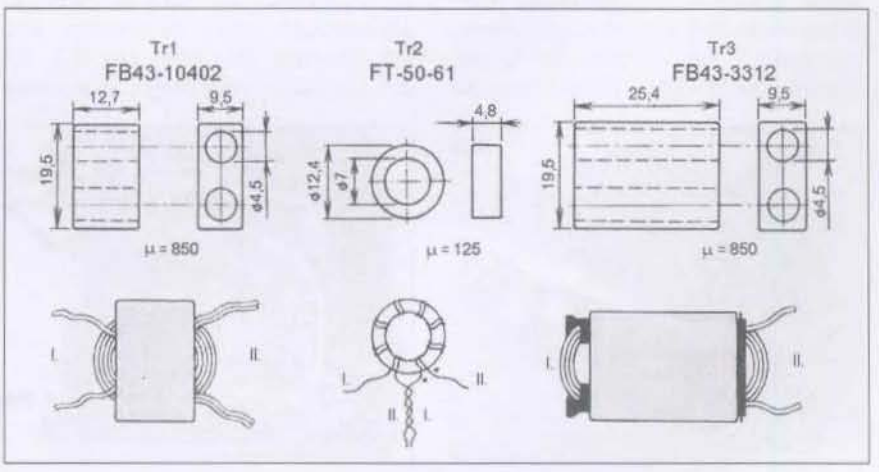
1. táblázat

Transzformátor	Tekercs	Menetszám	Huzal	Tekercs típusa
Tr1	I.	4	D = 0,5 mm teflonszigetelésű, rugalmas, sokeres rézkábel.	A II. tekercs két huzalból tekerve.
	II.	2		
Tr2	I.	8	D = 0,8 mm lakkszigetelésű rézhuzal.	Bifilárisan tekerve. A primer tekercs vége összekötve a szekunder elejével.
	II.	8		
Tr3	I.	1	Rézfóliából készült két csődarab, melyek végei az egyik oldalon összeforrasztva.	
	II.	3	D = 0,75 mm teflonszigetelésű, rugalmas, sokeres rézkábel.	A primer tekercsen belül megtekerve.

2. táblázat

Beállítás

Az erősítő beállítását kezdjük az átmenő SWR-érték megállapításával. A „Ki" csatlakozóra kössünk az 1,8...30 MHz-es sávban alacsony SWR-értéket mutató, 50 W-os müterhelést. A „Be" csatlakozóra pedig egy SWR-mérőt is tartalmazó adó-vevőt vagy egy SWR analizátort. A beállítás a C40 kondenzátor értékének „belövésében" áll. Változtassuk ennek értékét úgy, hogy a 28 MHz-es sávban minimum SWR-értéket kapjunk. E művelet során ne adjunk tápfeszültséget a berendezésünkre. A beállítást befejezettnek tekinthetjük, ha önmagában a terhelés SWR-e és a kimenetre kötött terhelés SWR-e megközelítőleg azonos értékűek lesznek.



2. ábra

Mielőtt a készülékre tápfeszültséget adnánk, K1-et bekapcsolva mérjük meg a tápfeszültség kábelek közötti ellenállást. Ha nem tapasztalunk rövidzárat, úgy ráadhatjuk az erősítőre a 13,8 V-os tápfeszültséget. Azonban legelőször jobb, ha egy 10...15 W-os, 10...15 ohmos ellenállást közbeiktatunk, mivel a felhasznált IRF520 MOSFET-ek nyitófeszültségét nem ismerjük, és a megfelelő nyugalmi áramhoz tartozó előfeszültséget még nem állítottuk be. Ez az előtét ellenállás a draináramokat 1 A szintjére állítja be, egyben megvédve a MOSFET-eket a tönkremeneteltől abban az esetben, ha az ekkor még pontosan be nem állított előfeszültség meghaladná az IRF-ek számára szükséges értéket. Előzetesen forgassuk a nyugalmi áramokat beállító R18 és R20 trimmer-potenciométerek csúszkáit a rajz szerinti jobb oldali állásba – ez felel meg az előfeszültség minimális értékének. Adjuk rá a tápfeszültséget, a készüléket helyezzük adás üzemmódba. A PTT-láncot nem használva ezt megtehetjük úgy is, hogy a T7 és T8 tranzisztorok kollektorainak közös pontját egy időszakos átkötéssel földre kötjük.

Milliampermérővel ellenőrizzük az erősítő által felvett áram nagyságát, R18 és R20 segítségével állítsuk be előbb a T12 MOSFET nyugalmi áramát 120...130 mA értékűre, majd a T13-ét. Mindeközben vegyük figyelembe a D22 és D23 LED-ek, illetve a relék által felvett áramot is! Ha T12, T13 MOSFET-ek zárnak és nyitnak, úgy a nyugalmi áram beállításával nem kell, hogy probléma legyen. Ha az adott példány esetleg lefelé vagy felfelé eltér, úgy válogassuk R15, illetve R16 értékét úgy, hogy a szabályozási tartományt a számunkra szükséges sávba el tudjuk mozgatni. A kapcsoláson jelölt ellenállásértékek mellett a szabályozási sávnak 3...4,8 V között kell lennie. Könnyen ellenőrizhetjük, ha kétségünk támadna, a nyugalmi áramok értékének helyes beállítását vagy egyformaságát. Földeljük le a két MOSFET valamelyikének gate-jét és nézzük a felvett áram értékének alakulását. Ha minden rendben van, akkor a FET-től függetlenül a felvett áramnak 120...130 mA-re kell csökkennie. A hangolás ezen stádiumában ellenőrizhetjük a nyugalmi áramok höstabilitását is. Egy hajszárító vagy nagyobb teljesítményű páka segítségével a hűtőfelületeket melegítsük fel 50...60 °C-ra és figyeljük a nyugalmi áram értékének alakulását. Ez nem változhat meg nagyobb mértékben, mint 30...50 mA. Ha minden rendben van, akkor a hangolás első fázisát lezárhatjuk.

A második fázist kezdjük a sávszűrőknek az összes frekvenciasávban való ellenőrzésével. A végtranzisztorok tápfeszültségét válasszuk le például az L11 fojtó valamelyik végének kiforrasztásával. Időlegesen válasszuk le a C45 kondenzátor kivezetését a J4.2 relé kontaktusról, majd erre a kontaktusra adjunk egy SWR-mérő közbeiktatásával jelet egy 50 ohmos koaxiális kábellel egy RH adóról. (SWR-mérőt tartalmazó adó-vevő helyett természetesen használhatunk SWR analizátort is.) A „Ki" kimeneti csatlakozóra kössünk az 1...30 MHz-es sávban kis SWR-értékű 50 ohmos terhelést. Adjunk tápfeszültséget az erősítőre, tegyük azt „adás" üzemmódba, majd az adó(-vevő)t és az erősítőt kapcsoljuk azonos frekvenciasávra. Az egyes szűrők bemeneti SWR-je nem haladhatja meg az 1,2...1,3 értéket, míg a szűrőkben a jelveszteség nem lehet nagyobb 0,2...0,3 dB-nél. A veszteséget úgy is megbecsülhetjük, ha az 50 ohmos terhelésre digitális teljesítménymérőt kötünk, az adó-vevő kimenetét felváltva közvetlenül a terhelésre, illetve az aluláteresztő szűrő bemenetére kötjük. Mutatós műszerrel egy 0,2...0,3 dB nagyságú veszteséget észrevenni elég nehéz dolog. Ha valamelyik szűrő SWR-je nagyobb, mint az elvárt érték, úgy az SWR ±10% határ között állítható a szűrő középső kondenzátorának (C11, C14, C17, C20, C30) válogatásával.

A gyakorlat azt mutatja, hogy a szűrő „szélső" kondenzátorait csak végszükségben kell kicserélni más értékűre, amikor más módszer már nem bizonyul megfelelőnek. Az esetek többségében elegendő a „középső" kondenzátor cseréje. A szűrők hangolása történhet a bennük található induktivitások meneteinek széthúzásával-összenyomásával, azonban ez helyszűke miatt nem mindig kivitelezhető. A szűrőket leellenőriztük, behangoltuk, rátérhetünk az erősítő működésére.

Kössük vissza az előzőekben kiforrasztott csatlakozásokat, alkatrészeket, távolítsuk el a vezetékbe bekötött ellenállást. Kapcsoljunk az 1,8 MHz-es sávra, adjunk a „Be" csatlakozóra 5 W teljesítményű jelet. A „Ki" csatlakozóra kössünk egy 50 ohmos terhelést, valamint teljesítménymérőt vagy RF-feszültségmérőt. Ha minden rendben van, akkor az erősítő kimenetén 50 W nagyságú jelnek kell lennie, miközben a felvett áram kb. 7 A. R33 trimmer-potenciométerrel állítsuk be, hogy a LED-es kijelző összes LED-je (D17...D21) kigyulladjon. Ezt követően ellenőrizzük a kimeneti teljesítményt és a felvett áramot a többi frekvenciasávban is.

Az összes RF sávban, különösen 28 MHz-en nagy szerepet játszik a C33 és a C44 kondenzátor jó kiválasztása. Ugyan kissé nehézkes s megfelelő érték megtalálása, azonban ennek híján az erősítő által leadott teljesítmény, illetve hatásfok alacsony lesz. A kiválasztás leegyszerűsítése érdekében ajánlott a következő metódus alkalmazása. Kössük be a rajz szerinti értékű C33 (kerámia anyagú, rövid lábú) kondenzátort, míg C44 gyanánt használjunk egy 100 pF-os, felületszerelhető (1206 méretű) kondenzátort. 5 W bemenő teljesítmény mellett kapcsoljuk adásra 28 MHz-en az erősítőt, írjuk fel a kimeneti teljesítmény értékét, a felvett áramot és az erősítő bemeneti SWR-ét. Kapcsoljuk ki az erősítőt és C44-gyel párhuzamosan forrasszunk be még egy ugyanolyan 100 pF-os kondenzátort. Ismételjük meg a fenti mérési eljárást, és írjuk le az adatokat. A C44 értékének egy bizonyos határig történő növelésén túl a paraméterek

3. ábra

4. ábra

Frekvencia MHz	Kimenő teljesítmény W	Felvett áram A	Bemeneti SWR	Hatásfok %	Harmonikus elnyomás ≥ dB
1,8	54	7,2	1,2	56	60
3,5	55	7,7	1,2	53	58
7	49	7,4	1,3	49	56
14	44	6,7	1,2	49	58
21	36	6,5	1,2	41	45
28	33	5,6	1,4	44	55

3. táblázat

javulása abbamarad, sőt elkezdődik a romlásuk. A szerzői példányban C44 optimális kapacitására 500 pF érték adódott: 5 darab 100 pF-os kondenzátor párhuzamosan kötve.

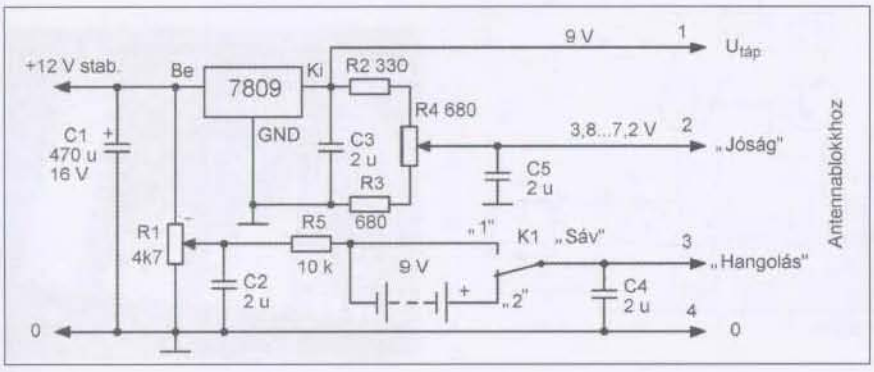
C33-nak nem kell okvetlenül felületszerelhetőnek lennie. Itt megfelel bármilyen kisméretű kerámia kondenzátor, rövid lábakkal. Az értékének a kiválasztása történhet úgy is, hogy a 200...500 pF közötti kondenzátor lábait egy csipesszel hozzáérintjük a nyák-laphoz. A megfelelő érték megtalálása a C44-nél leírt módon történik. A C33 és C44 kondenzátorok hatással vannak az erősítő bemeneti SWR-jére, ezért ezek értékének változatása során érdemes felírni a kapott mérési eredményeket egy táblázatba, hogy aztán kiválaszthassuk a legjobb variánst.

A szerzői készülék esetében a behangolás után kapott végső adatokat a **3. táblázat** tartalmazza. 5 W-os meghajtó teljesítmény mellett az IRF sorozatú FET-ek frekvenciakarakterisztikája miatt megfigyelhető, hogy az alacsonyabb frekvenciákon (1,8 és 3,5 MHz) jobban, a magasabbakon (14...28 MHz) kevésbé erősít a készülék. Ezért arra van szükség, hogy a magasabb frekvenciákon (pl. 8...9 W-ra) megnöveljük a bemeneti teljesítményt annak érdekében, hogy a kimeneten 50 W-ot kapjunk. Ezzel szemben az alacsonyabb frekvenciákon elegendő lesz a bemeneten akár 2...3 W is ahhoz, hogy a kimenő teljesítmény 50 W legyen.

Ha a bemeneti teljesítmény nagyobb, mint 5 W az R22 és R23 ellenállások erőteljesen melegedni fognak, hiszen ezek a bemeneti teljesítmény egy jelentős részét el kell, hogy disszipálják. Ezért ajánlatos ezen ellenállásokat nagyobb teljesítményűnek választani. Továbbá oda kell figyelni, hogy a bemeneten ne legyen a teljesítmény 10...15 W-nál több, mert ez tönkreteheti a MOSFET-eket.

Érdemes kísérletezni az IRF sorozat más példányaival is (IRF510, IRF630, IRF640, IRF740, IRF840), melyek nyugalmi áramát az IRF520 esetében leírt módon állítsuk be. A szerző kísérleteket folytatott 8 darab IRF MOSFET-et tartalmazó, 24 V tápfeszültségű erősítővel is, melynek során megállapította, hogy a más típusszámú FET-ek használata különböző hatásfokokat eredményezett. A legjobb eredményt az IRF740 adta. A fentiekben leírt erősítőben ilyen cseréket nem hajtott végre, ami viszont teret ad a kísérletező kedvű amatőröknek a legjobb MOSFET típus kiválasztására.

(Ragyio 2017/7.)



5. ábra

Távvezérelt mágneses antenna

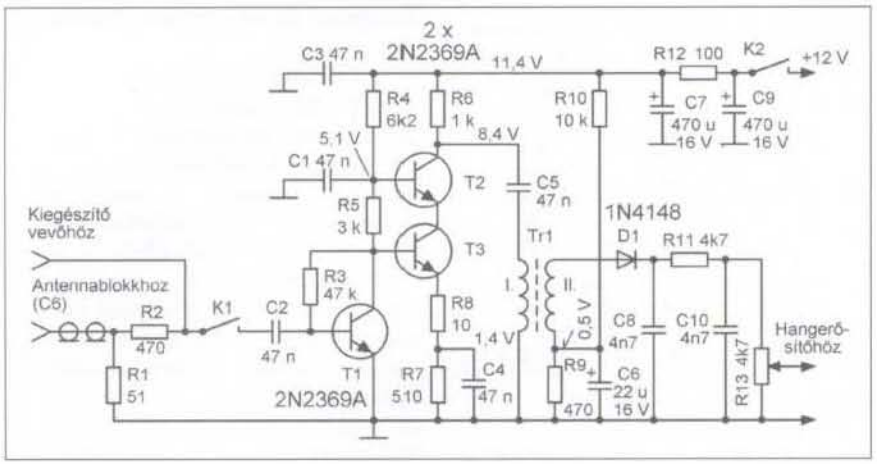
Az antenna a 6...10 MHz-es sávú jelnek egyenes-, vagy szupervevő segítségével történő megfigyelésére alkalmas. Az eszköz a következő funkcionális elemekre bontható: – antennablokk, amely tartalmaz egy, az antenna jósági tényezőjét többszöröző, illetve az antenna jelét erősítő áramköri megoldást; – egy alap rádióvevőt, amelynek része az antennablokk vezérlő áramköre; – egy vezérlő áramköri blokkot az előző két egység vezérléséhez.

Működés

A vezérlő áramkör kapcsolási rajzát az **5. ábra** mutatja. Ezt a blokkot 12 V-os hálózati stabilizált tápegységről vagy akkumulátorról táplálhatjuk. Tartalmaz egy 9 V-os stabilizátor IC-t, amely az antennablokkban található antennaerősítő tápfeszültségét szolgáltatja. Itt állítódik elő a frekvencia hangoláshoz szükséges feszültség, és egy lambda-diódával analóg (negatív dinamikus ellenállású) kapcsolás vezérlő feszültsége.

Az R1 ellenállással lehet az antenna frekvenciáját hangolni. A K1 átkapcsolóval választhatjuk ki a frekvencia alsávot. Ennek felső (1-es) helyzetében az antennablokkra 0...12 V közötti, míg alsó (2-es) állásában 9...21 V közötti feszültség kerül.

Az egyenesvevő kapcsolási rajza a **6. ábrán** látható. Ennek alapvető feladata, hogy segtségével ellenőrizni lehessen a mágneses antenna jóságát többszöröző áramkör munkáját. Az ellenőrzés a műsorszóró adók jelének vételével történik. AGC-t nem tartalmaz. A szélessávú RF erősítő a T1...T3 tranzisztorokon alapuló kapcsolásból áll. Az AM detektor érzékenysége megnövelése érdekében az R9, R10 ellenállásosztóról kb. 0,5 V egyenfeszültséget adunk a D1 detektor diódára. Az RF erősítő bemenetén egy csillapítótag (R1, R2) található, melynek célja az antennablokkot és a bázis (alap) vevőt, vagy pedig a kiegészítő vevőantenna bemenetét összekötő koaxiális kábel illesztése. Ha a kiegészítő vevőnek nincs antenna bemenete, úgy annak ki nem húzott teleszkóp antennájára a jelet egy cilindrikus kapacitív csatolás révén vihetjük át. Ez a henger egy pár centiméter hosszú, megfelelő átmérőjű dielektromos csőből áll, melyet kívülről alumínium fóliával tekerünk be. Erre felviszünk néhány menetet egy



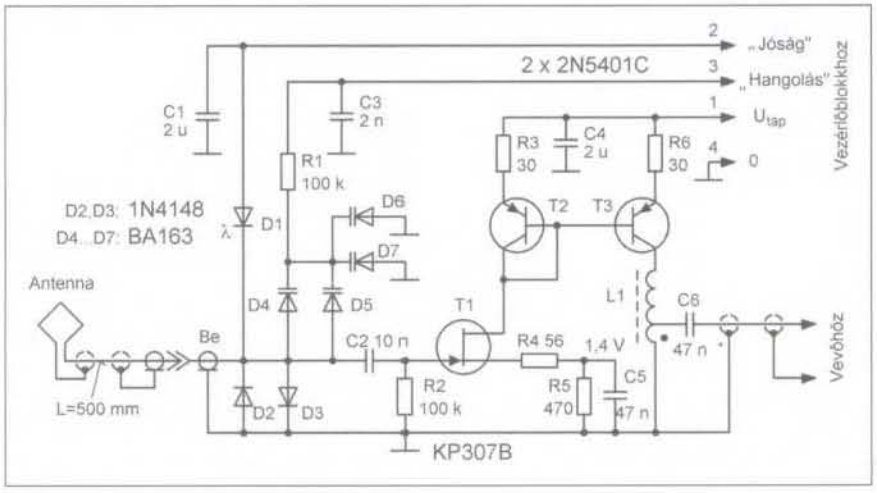
6. ábra

500 mm hosszú szigetelt, többeres montázs vezetékből és az egészet körbetekerjük szigetelőszalaggal. Ha az antennablokk csak a külső rádióvevőre dolgozik, úgy az RF erősítő bemenetét és tápfeszültségét lekapcsolhatjuk K1 és K2 bontásával.

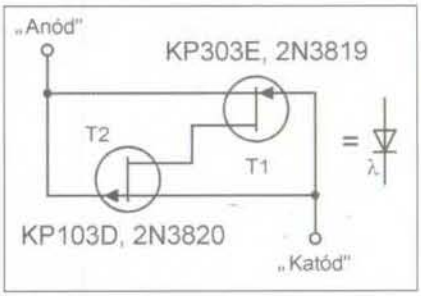
Az antennablokk kapcsolási rajza a **7. ábrán** látható. A jelek vétele egy mágneses keretantennával történik, amely a D4...D7 varikapokkal együtt egy adott frekvenciát átengedő LC szűrőt (sávszűrő) alkot, melynek frekvenciája feszültséggel állítható. Ezt a feszültséget a vezérlőblokk állítja elő. A D2, D3 diódák feladata a T1...T3 tranzisztorokkal felépített antenna erősítő védelme.

Az antennablokkban az antenna jósági tényezőjét többszöröző áramkör egy lambdadiódát (D1) helyettesítő, analóg kapcsolás található. Ha változtatjuk az erre ráadott tápfeszültséget, úgy változtatni tudjuk az eszköz negatív dinamikus ellenállását, amit az antennával alkotott LC-körbe visz be a kapcsolás. A negatív dinamikus ellenállás változásával változik az antennakör jósága is, egészen a gerjedésig. A kör jóságának növelésével javul az antenna szelektivitása. A lambdadióda a **8. ábra** szerint két, különböző vezetőképességű (n- és p-csatornás) jFET-tel lett megépítve. Ezen analóg áramkör karakterisztikája a **9. ábrán** látható. A „d" szakaszon az áramkör ellenállása nagy, és gyakorlatilag nincs hatással az antenna paramétereire. A „c" szakaszon az áramkör negatív dinamikus ellenállást visz be az antennakörbe, ezáltal megnő annak jósága. Ha áttérünk a „b" szakaszra úgy a kapcsolás begerjed. Ez az üzemmód alkalmas a bázis vevőkészülék beskálázására. Az „a" szakaszt nem használjuk fel.

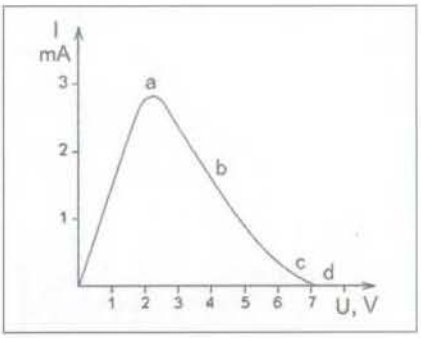
Hangfrekvenciás erősítőként bármilyen, 12 V-os tápfeszültségű kapcsolás megfelel. A HF erősítő táplálása egy 150 ohmos, 0,5 W-os ellenálláson keresztül történik. Ez az RF- és HF-fokozatok jó leválasztásához szükséges.



7. ábra



8. ábra

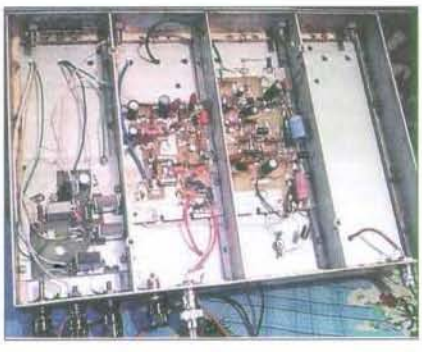


9. ábra

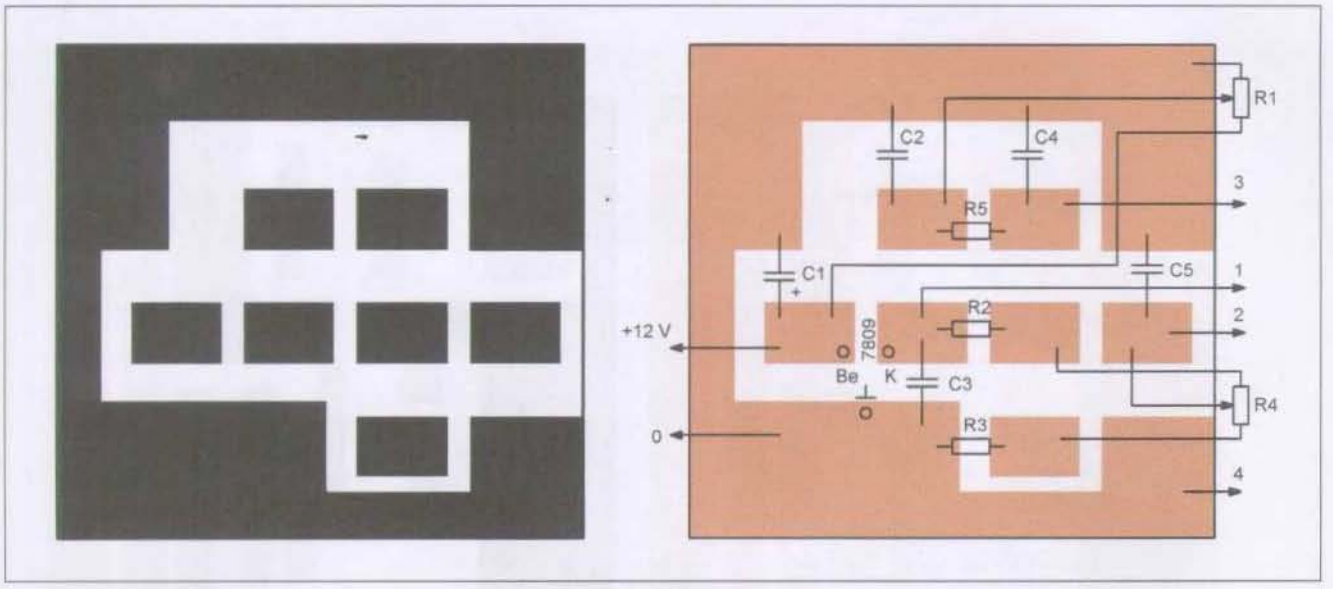
Kivitelezés

Az alap rádióvevő egy 180×270×36 mm-es osztott fémdobozban lett elhelyezve **(10. ábra)**. Ennek minden áramköri egysége (vezérlőblokk, alap rádióvevő, RF erősítő) külön, egyoldalas, üvegszálas anyagú nyák-lapon lett kialakítva. (Ezek „vezetékezését" egy éles kés segítségével vágták ki, a nem szükséges fóliadarabokat eltávolítva.) A vezérlőblokk nyák-rajzát a **11. ábra** mutatja. Ez nem tartalmazza a szárazelemet és a K1 átkapcsolót. A vevő nyák-ját a **12. ábrán**, az antennablokkét a **13. ábrán** láthatjuk. Mindhárom ábra tartalmazza az alkatrész-beültetési rajzokat is. Látható, hogy az alkatrészek a fóliás oldalon lettek beültetve.

A berendezésben fémréteg ellenállásokat használtak. A nem elektrolit kondenzátorok fólia vagy kerámia anyagúak lehetnek.



10. ábra



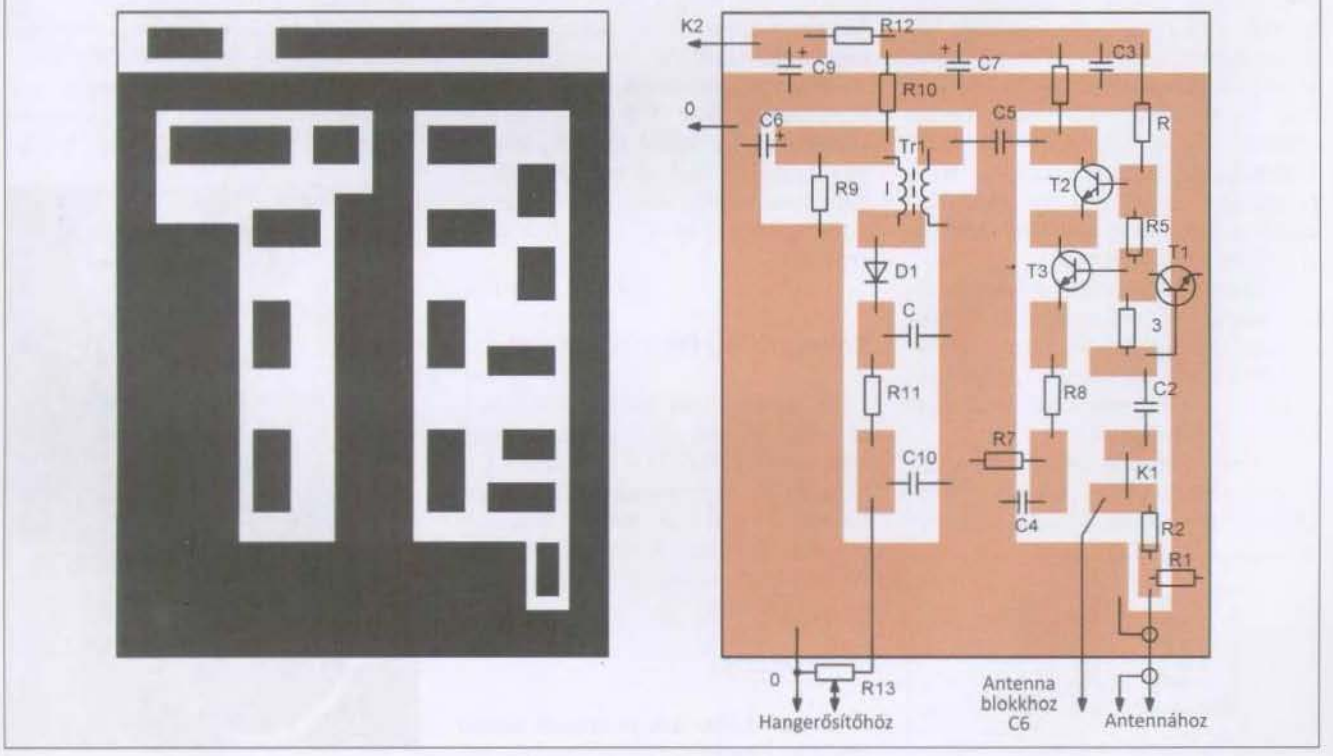
11. ábra

A vevő RF erősítőjében használjunk kisteljesítményű, npn struktúrájú RF tranzisztorokat pl. BF199, BFY90, BFW30, 2N2369. Szükséges lehet az R3 értékének válogatása annak érdekében, hogy a 2. ábrán látható egyenfeszültség-értékeket kapjuk. A D1 dióda tetszés szerinti kisteljesítményű, nagyfrekvenciás, szilícium lehet. A Tr1 transzformátort (orosz) 600NN permeabilitású, D = 10 mm-es ferritgyűrűre készült, d = 0,3 mm-es zománcszigetelésű rézhuzalból. A primer tekercs 45, a szekunder 15 menet.

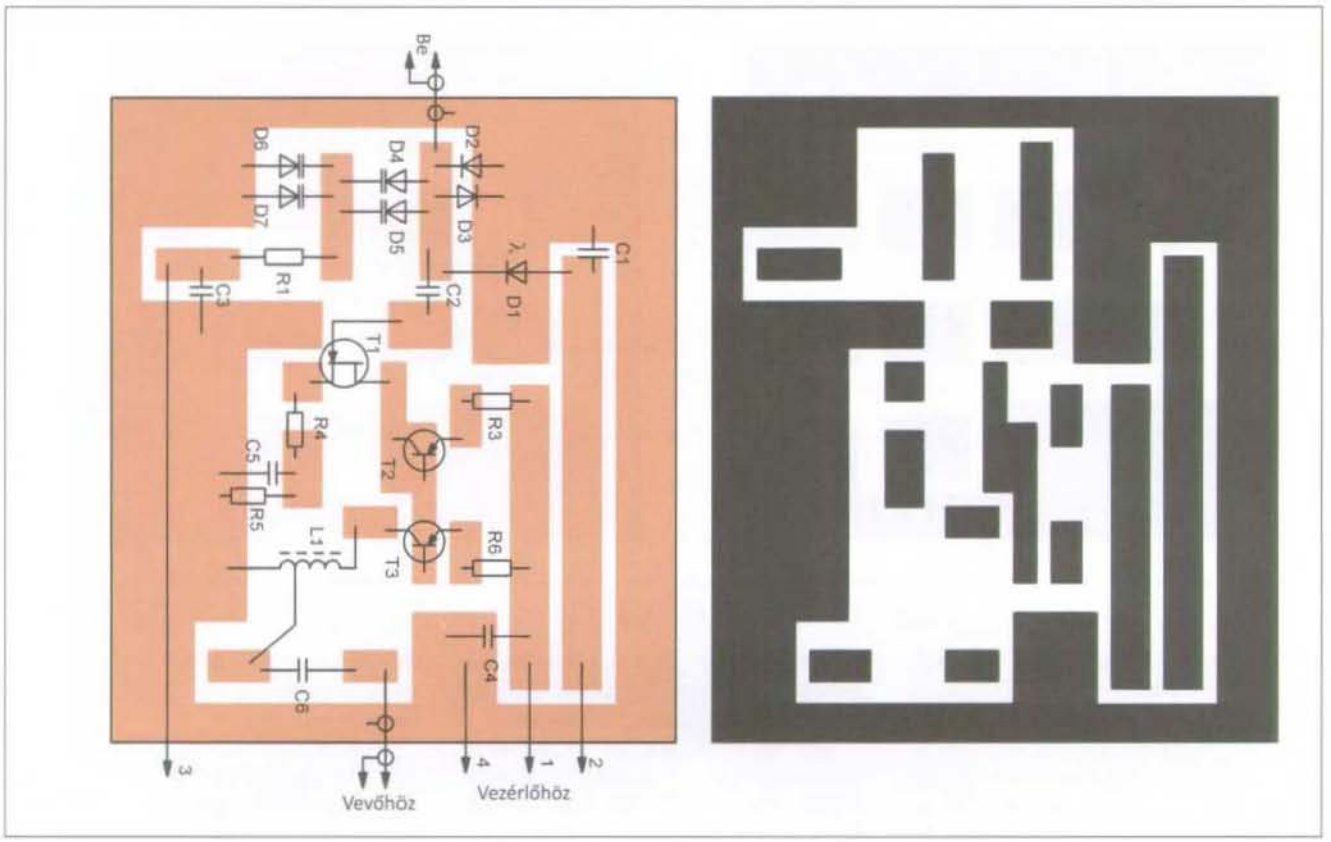
Az antennablokkban a 2N5401C tranzisztorokat 2N2894, BF679, BF680, BF681-gyel helyettesíthetjük. Az orosz KP307B jFET tetszés szerinti n-csatornás, nagyfrekvenciás, min. 4 mA draináramú félvezetővel helyettesíthető. A 4 db BA163 2 db BB112-vel is kiváltható. Az itteni L1 tekercset a Tr1 transzformátorral azonos anyagokból készítsük el, 25 menet, leágazás a 4.-nél.

A lambda-dióda analógot alkotó pl. 2N3819 és 2N3820 jFET-ek egy kis, egyoldalas nyák-on lettek elhelyezve. Ennek és a FET-ek beültetési rajzát a **14. ábra** mutatja.

A vevő előlapját a szerző furnérlemezből készítette el. Itt lett elhelyezve a hangszóró mellett az összes



12. ábra

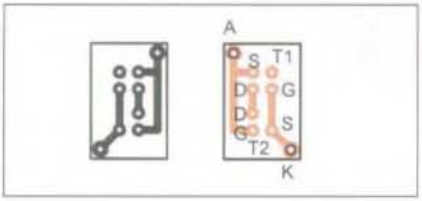


13. ábra

kezelőszerv. A hangoló potenciométer helipot legyen, melyet lássunk el skálával. Az antennaerősítő nyák-ját egy megfelelő méretű műanyag dobozba telepíthetjük. Ha ezt a szobában helyezzük el, úgy az antennával egy kb. 50 cm hosszú koaxkábel kössük össze. Ekkor a felső határfrekvencia 10 MHz lesz. Ha az erősítőt közvetlenül az antennánál használjuk, ott közvetlenül bekötjük, úgy a határfrekvencia felső értéke kb. 12 MHz-re nő. (Azonban ekkor az erősítőt el kell látni nedvesség elleni védelemmel!)

Az alap rádióvevőt az antennablokkal összekötő kábel hossza kb. 15 méter lehet. Ez egy RG-58 típusú koaxiális kábelből és egy szigetelt, négyeres, erenként d = 0,5 mm vastagságú, hajlékony vezetékből áll.

A skála megrajzolása a következő módon történik. Az eszközhöz kapcsoljunk egy külső, digitális skálával



14. ábra

ellátott rádióvevőt, melyet hangoljunk a kívánt frekvenciára. Az antennablokkot vigyük át gerjedésbe, hangoljuk a frekvenciáját mindaddig, amíg az nem egyezik meg a külső vevő vételi frekvenciájával. Ezt a helyet, értéket vigyük fel a skálára.

Maga az antenna a **15. ábrán** látható, amely D = 700 mm átmérőjű alumínium karikából készült, melyet egy műanyag laphoz erősíthetünk. A karika szétvágása előtt fúrjunk bele furatokat, melyek révén fel tudjuk majd erősíteni.

(Ragyio 2018/3.)

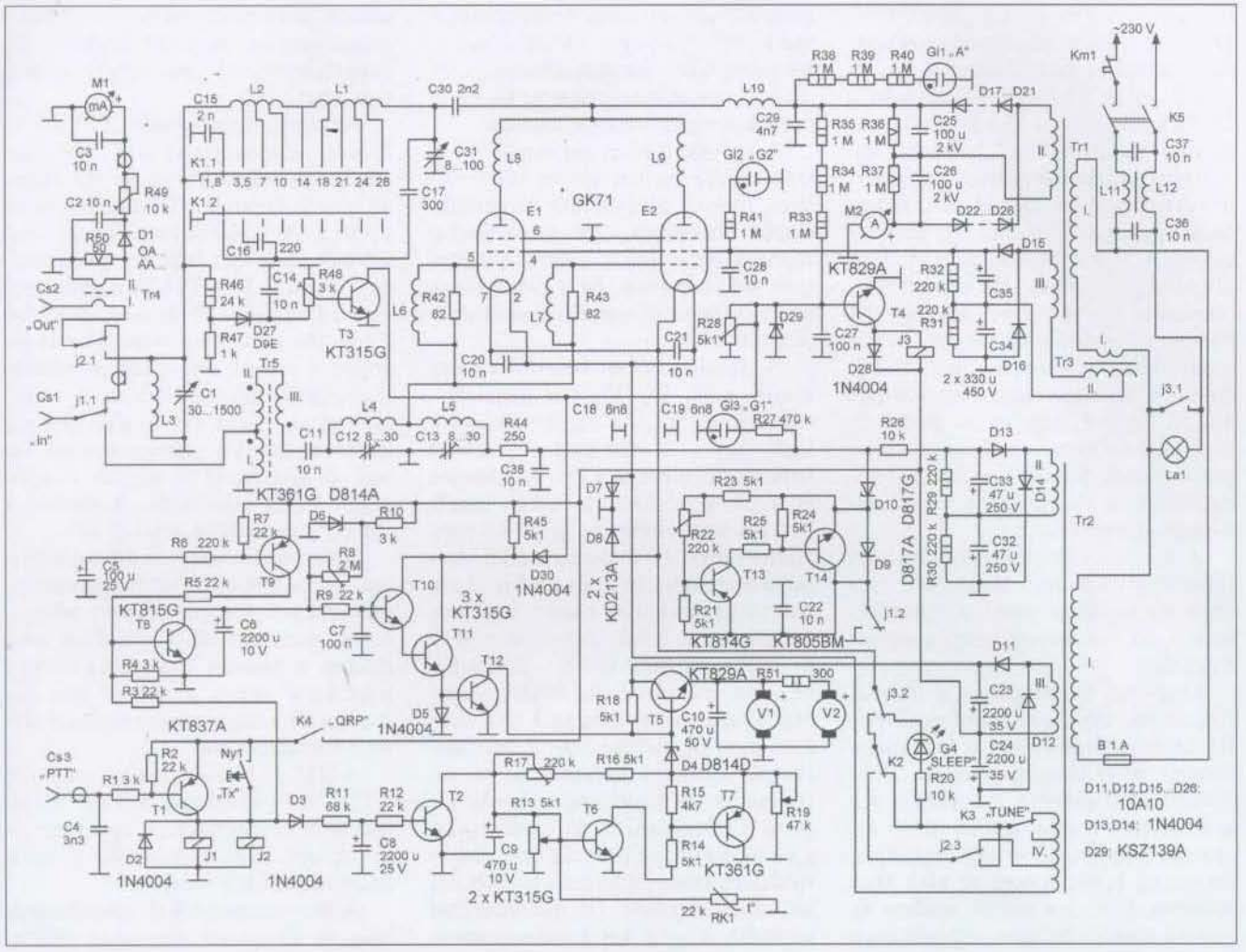
Egyszerű RH PA 2×GK-71-el

Az ismertetésre kerülő konstrukciót tíznél is több példányban megépítette a szerző, RZ3TI *Vjácseszláv* OM, nagyon jó tapasztalatokat szerezve. Mindegyik példány kiváló technikai jellemzőkkel bír, a végfok könnyen utánépíthető, egyszerű a beállítása és az üzemeltetése.

Elvi működés

A **16. ábrán** látható erősítő földelt katódos kapcsolást tartalmaz. Ez valamivel bonyolultabb, mint a földelt rácsú megoldás, mivel tápfeszültséget igényel mind az árnyékoló, mind a vezérlő rácsokhoz. Azonban ez a kissé bonyolultabb kialakítás bőven kifizetődő: a bemeneti jelnek csak 15...20 W-osnak kell lennie. További előny, hogy a – visszacsatolást tartalmazó kapcsolásokkal szemben – az erősítő működése nem függ a kimeneti rezgőkör állapotától, egyszerű behan-

15. ábra



16. ábra

golni és stabilan dolgozik. A végcsövek optimális üzemmódja, védelem a rövidzárlat és a túlterhelés ellen, a „soft" bekapcsolás és a „sleep" üzemmód megléte mind azt eredményezik, hogy a készülék használata gazdaságos, kicsi a zajhatása, magas az erősítés linearitása és kevéssé zavar be a tévé vételbe.

A GK-71 típusú csövek a konstrukcióban megbízhatóan működnek. +3 kV anódfeszültség mellett nincsenek feszültségátütések, –120 V elsőrács-feszültség és +700 V másodikrács-feszültség mellett a leadott teljesítmény 1 kW. Az árnyékoló rácsok körének kicsi (50...60 mA) az áramfelvétele, ami annak tudható be, hogy ezek tápfeszültségét egy egyszerű, de új megoldást nyújtó feszültségstabilizálás állítja be, amely a C34 és C35 kondenzátorok nagy kapacitásán, valamint a Tr3 áramtranszformátor használatán alapul. Ez utóbbi által szolgáltatott töltőáram a Tr1 transzformátor primer tekercsében folyó árammal arányos mértékű. A második rácsokon a feszültség instabilitása nem nagyobb, mint 15...20 V, ami teljességgel elfogadható mértékű, figyelembe véve a GK-71-es csövek második rácsának kis meredekségét. Ennek betudhatóan ilyen értékek mellett sem romlik el az erősítő linearitása.

A végcsövek első rácsának feszültségét egy szabályozható zener-analóg kapcsolással stabilizáljuk, amely a D9, D10, T13, T14 elemeken alapul. A D9 zener feladata a T13 és T14 tranzisztorokon fellépő feszültség maximalizálása. Az R22 trimmerpotenciométerrel állíthatjuk be a lámpák nyugalmi áramát.

Az erősítőben az anódláncot párhuzamos módon tápláljuk meg, ami megbízhatóbb és biztonságosabb megoldás, mivel a kimeneti rezgőkör elemein így nem lesz nagy egyenfeszültség. Esetünkben a kimeneti teljesítménynek a 28 MHz-es sávban fellépő 15...20 %-os csökkenése sem jelent nagy problémát.

Az erősítő bemenetén található Tr5 szélessávú transzformátor feladata az illesztés az adó-vevőhöz, max. SWR = 1,5 érték mellett az összes hullámsávban. Még az olyan készülékek esetében is, amelyeknek nincs beépített antenna tunerje. Az L4, L5, C12, C13 aluláteresztő szűrő vágási frekvenciája 32 MHz. Feladata a GK-71 lámpák bemeneti kapacitásának kompenzálása a nagyfrekvenciás sávokban.

A PA tápegysége a Tr1...Tr3 transzformátorokon alapul. Ha a K5 kapcsolót zárjuk, úgy a feszültség az Km1 kismegszakítón, az L11, L12, C36, C37 szűrőn és az La1 halogénlámpán át a Tr1 és Tr2 transzformátor primer tekercsére kerül. A halogénlámpa feladata a PA „lágy" bekapcsolását biztosítani, ezáltal megnövelni a csövek, ill. a többi alkatrész élettartamát.

A C25, C26 nagyfeszültségű kondenzátorok feltöltődése után az R28, R33...R35 ellenállásokból álló osztóról a feszültség egy része egy kis működési hiszterézisű védelmi automatikára

(T4 tranzisztor és J3 relé) kerül. Ha a Tr2 és Tr3 transzformátorok szekunder tekercsén nincs túlterhelés, ill. rövidzár, akkor T4 kinyit, bekapcsolja a J3 relét, zárulnak a J3.1 kontaktusok, rövidre zárják az La1 halogénizzót. A transzformátorok primer tekercseire rákerül a teljes hálózati feszültség, ezzel egyidőben pedig az E1, E2 végcsövek a J3.2 kontaktusokon át fűtőfeszültséget kapnak. Ha túlterhelést, rövidzárat észlel a rendszer, úgy T4 bázisán a feszültség lecsökken, a tranzisztor lezár, a J3 relén át nem folyik áram, a transzformátor feszültséget az La1 izzón át kap. Ez az izzó 1...2 A szinten korlátozza a felvett áramot, ezzel megakadályozva a Tr1 és Tr2 transzformátorok, illetve a végerősítő teljes tönkremenetelét.

A tápegység összes egyenirányítója feszültségkétszerező kapcsolású. Ez segít egyszerűbbé tenni a transzformátort, egyben növeli annak megbízhatóságát.

Várakozó üzemmódban a lámpák fűtőszálára 10 V-os feszültség kerül. Ha az erősítő átkapcsol a maximális kimenő teljesítményt biztosító aktív üzemmódba, akkor a csövekre a K3 kapcsolónak a rajz szerinti felső állásában a teljes, 22 V nagyságú fűtőfeszültség kerül, illetve az alsó állás esetében 17 V. Ez utóbbi esetben az erősítő csak a névleges teljesítménye 50%-át tudja leadni. Mindez nem jár semmiféle jelminőség romlással, az erősítő ebben az állapotban tetszés szerinti ideig maradhat. „Sleep" (alvó) üzemmódban a J3.2 kontaktusok teljesen lekapcsolják a csövek fűtését.

Aktív „TX" üzemmódra gyakorlatilag 1 másodperc alatt át tud állni az erősítő. Ehhez csak egy rövid ideig meg kell nyomni a „TX" nyomógombot (Ny1) vagy pedig a „PTT" üzemmód pedálját, amely a Cs1 csatlakozóra van kötve. A pedál Cs1-et földre zárja, ekkor rajta kb. 10 mA áram folyik. A T1 tranzisztor kinyit, bekapcsolnak a J1 és J2 relék, amelyek a teljesítményerősítő be- és kimenetét, valamint a vezérlőblokkot váltják. Ha a „QRP" átkapcsoló (K4) kontaktusai nyitottak, úgy a T1 tranzisztorra nem kerül feszültség, ami megakadályozza, hogy az erősítő átmenjen aktív üzemmódba. Az adó-vevő jele, kihagyva a teljesítményerősítőt, közvetlenül az antennára és a wattban kalibrált skálájú, a kimenő teljesítményt mutató M1 mérőműszerre kerül.

„TX" üzemmódban a J1.2 relékontaktusok az első rácsok tápfeszültségét stabilizáló áramkörre földet adnak, a PA pedig aktív üzemmódba megy át. Az M2 mérőműszer ekkor az E1 és E2 csövek nyugalmi áramát mutatja.

A csövek hűtését segítendő a készülékházba be lett építve két ventilátor, melyek alacsonyabb tápfeszültségről üzemelnek, így gyakorlatilag zajmentesek. Teljes tápfeszültséget csak akkor kapnak, ha a rádiócsövek szekciójában a hőmérséklet meghaladja a 100 °C-ot.

A ventilátorokat vezérlő egység alapját a T2, T5...T7, T12 tranzisztorok jelentik. Ha „TX" üzembe kapcsolunk, úgy a T1 tranzisztor +24 V-os kollektorfeszültsége a D3, R11 láncon át a C8 kondenzátorra kerül, amely 8...12 s alatt feltölt, és így a T2 tranzisztor kinyit. Ez földrezárja a T6 bázisát, a tranzisztor lezár és a T5 bázisára rákerül gyakorlatilag a teljes +48 V-os feszültség, melynek nagyságát az R19 trimmer-potenciométerrel állíthatjuk be. A ventilátorok teljes fordulatszámmal kezdenek el dolgozni. Az adás üzemmód befejezése után a berendezésünk várakozó üzemmódba tér ár, amikor is C8 kondenzátor lassan kisül a T2 bázisláncán át, ezzel együtt a ventilátorok 2...3 percig még magas fordulatszámon működnek tovább. Ha az adás üzemmód 10 másodpercnél rövidebb, úgy a C8 kondenzátornak nincs ideje teljesen feltöltődni és a ventilátorok alacsony fordulaton fognak működni; nem keltenek felesleges zajhatást. Az R13 ellenállás határozza meg a T6 tranzisztor munkapontját, amikor is a rádiócsövek szekciójában elhelyezett RK1 termisztor, érzékelve a hőmérséklet 100 °C fok fölé történő emelkedését, elkezdi lezárni a tranzisztort és a ventilátorok fordulatszáma megnő. Az R17 és R19 trimmer-potenciométerekkel lehet beállítani a ventilátorok minimális, illetve maximális fordulatszámát. Amikor az erősítő „sleep" üzemmódba megy át, akkor a T12 tranzisztor kinyit, ekkor T5 bázisa a földre záródik, a ventilátorok kikapcsolnak.

A „sleep" üzemmód vezérlését a szerző már több más konstrukcióban is sikerrel alkalmazta (ld. például RT 2019/1.). Az ezt vezérlő áramkör (T8... T12) a következő módon működik. A végerősítőt hálózatra kapcsoljuk, a C5 feltöltődési ideje alatt (30...40 s) a T9 tranzisztor nyitva van, ami kinyitja a T8-at is, ez pedig kisüti a C6 időzítő kondenzátort. Ezt követően C6 elkezd feltöltődni, ami az R8 trimmer-potenciométer állásától függően 20 másodperc és 15 perc közötti időtartam lehet.

Amikor bekapcsoljuk a „TX" üzemmódot, mindannyiszor a T1 tranzisztor kollektorfeszültsége az R3 ellenálláson át kinyitja a T8 tranzisztort és kisüti a C6 kondenzátort. Ha azonban C6-nak ideje van teljesen feltöltődni, úgy kinyit a T10, T11 Darlington-pár és a T4 bázisát a földpotenciálra köti. Ez utóbbi tranzisztor lezár, J3 relé elenged, a csövek fűtése kikapcsolódik. Úgyszintén kikapcsolódnak a ventilátorok is, míg a Tr1 és Tr2 hálózati transzformátorok primertekercsei ismét az La1 izzón át kapnak feszültséget. Ezzel egyidejűleg kigyullad a „sleep" üzemmódot jelző LED.

A készülék ebben az üzemmódban bármilyen hosszú ideig megmaradhat, miközben a PA által felvett teljesítmény nem több 50 W-nál. Elég csak rálépni a pedálos kapcsolóra és egy másodperc múlva az erősítő már készen is áll a teljes teljesítménnyel történő forgalmazásra.

A D11 és D12 diódákkal, valamint a C23, C24 kondenzátorokkal felépített feszültségkétszerező egyenirányító táplálja ezen automatika fokozat összes áramkörét, reléjét.

A K3 átkapcsolóval választhatjuk meg az E1 és E2 végcsövek fűtőfeszültségét 22 V vagy 17 V értékben. Az K2 átkapcsoló segítségével pedig állandó jelleggel a nagyobb tápfeszültséget adhatjuk a csövekre, ami versenyek alkalmával előnyös lehet.

A T3-at tartalmazó fokozat feladata a C1 forgókondenzátor védelme az álló- és a forgórészek közötti átütéstől, átégéstől, amely akkor következhet be, ha az antenna áramkörében szakadás lép fel. Ha ezen a kondenzátoron 300 V-nál nagyobb RF-feszültség lép fel, úgy az az R46, R47 ellenállásosztón és a D27 diódán át a T3 bázisára kerül, a tranzisztor kinyit. Ez söntöli a T4 bázisát és az erősítő átkapcsolódik „sleep" üzemmódba. A működési küszöbértéket az R48 trimmer-potenciométerrel tudjuk beállítani.

Megépítés

A PA-t egy álló készülékházban építette meg a szerző **(17. ábra)**, melynek méretei 240×420×420 mm. A megfelelő stabilitást biztosító vázat 15×15 mm-es idomacélból hegesztette össze. A készülékházat belülről

17. ábra

– a **18. ábrán** látható módon – 4 szekcióra osztotta. Ez a technikai megoldás jó szerelhetőséget és megfelelő szellőzést, hűtést biztosít.

A ház elülső lapján lettek elhelyezve a vezérlőelemek, indikátorok, ellenőrző műszerek. A „PWR", „QRP" és „TUNE" kapcsolók szintje alatt található résen át érhetők el a trimmerpotenciométerek tengelyei. A hátsó falon találhatók a Cs1 és Cs2 nagyfrekvenciás csatlakozók, a földelés csatlakozója, a „PTT" csatlakozója (Cs3) és a ventilátorok.

Az összes RF csatlakozó, a földelőpont, a blokk kondenzátorok, a C1 és C31 forgókondenzátorok egymással össze vannak kötve egy, az előlap és a hátlap között tengelyirányban áthaladó 15×0,5 mm-es rézszalaggal.

Az L1 tekercset d = 5 mm-es rézcsőből készítsük el D = 50 mm-es belső átmérővel, 10 menetet tekerve, 8...12 mm-es menetemelkedéssel. A tekercs induktivitása 2,8 mikroH. A tekercsről leágazást a C30 kondenzátorhoz eső végétől számított 3., 4., 6. és 8. menetnél készítsünk. Az L2 tekercs d = 1,5 mm-es lakkszigetelésű rézdrótból készült D = 50 mm-es kerámia testre. A menetszáma 27, az induktivitása 24 mikroH. A leágazások az L1 felé eső végétől számított 3., 8. és 15. menetnél vannak.

Az L3 tekercs négy, egyenként 80 menetből álló szekcióra van osztva. Ezeket d = 0,2 mm-es selyemszigetelésű rézhuzalból „vad" tekercseléssel készítsük el D = 8 mm-es kerámia csévetestre. Az egyes szekciók között 2,5 mm távolság legyen. A tekercs induktivitása 250...350 mikroH.

Az aluláteresztő szűrő L4 és L5 tekercsei d = 0,7 mm zománcszigetelésű rézhuzalból készültek D = 8 mm-es átmérőre. Mindkettő menetszáma 10, induktivitása pedig 1,1 mikroH.

Az L6 és L7 fojtók d = 0,7 mm zománcszigetelésű rézhuzalból az R42 és R43 ellenálláskon vannak megtekerve. Az L8 és L9 antiparazita fojtók mindegyike 7 menet d=1,3 mm acélhuzalból D = 8 mm átmérőre megtekerve.

Az L10 anódfojtó az „Ameritron" teljesítményerősítőben használatos fojtó analógja. Ez d = 0,38 mm-es zománcszigetelésű rézhuzalból készül D = 24 mm kerámia csévetestre, a menetek szorosan tekerve, három szekcióban rendre: 82+55+42 menettel. A szekciók közötti távolság 20 mm. Megtekercselés után a tekercset rögzítsük ragasztóval vagy lakkal.

Az L11 és L12 hálózati szűrők egy TVSz-110 típ. (orosz) hálózati transzformátor fél vasmagjára lettek megtekerve. A tekercset d = 1,0 mm hajlékony teflonszigetelésű kábelből bifilárisan készítsük, annyi menettel, amennyi belefér a vasmagba.

A Tr1 anódtranszformátor LATR-1M/9 A típ. (orosz) toroid vasmagra készült, melynek terhelhetősége 2 kW. Az I. primer tekercs 240 menet d = 1,4 mm zománcszigetelésű rézhuzalból. Az üresjárati áram nem lehet nagyobb, mint 0,3 A. A II. nagyfeszültségű (1100 V) tekercs 1250 menetű d = 0,67 mm zománcszigetelésű rézhuzalból. Az árnyékolórács tápfeszültségét (270 V) adó III. tekercs 580 menetet tartalmaz, d = 0,45 mm zománcszigetelésű rézhuzalból.

A Tr2 transzformátor min. 200 W-os legyen. A II. tekercs feszültsége 100 V, anyaga d = 0,2...0,3 mm zománcszigetelésű rézhuzal. A III. tekercs 21 V-ot szolgáltat, anyaga d = 0,7 mm zománcszigetelésű rézhuzal. A fűtőfeszültséget adó IV. tekercs 22 V-os (leágazások 17, illetve 10 V-nál), d= 1,5 mm zománcszigetelésű rézhuzalból.

A Tr3 transzformátor OL 70×40×20 mm-es (orosz) toroid vasmagra készül, amilyet az ipari áramtranszformátorokban használnak. Ennek primer tekercse 3 menet d = 1,4 mm zománcszigetelésű rézhuzalból, a menetek egyenletesen legyenek elosztva a vasmag mentén. A szekunder tekercs 75+25+25+25+25+25 menet, d = 0,45 mm zománcszigetelésű rézhuzalból.

A Tr4 nagyfrekvenciás transzformátor orosz K20×10×5 mm-es gyűrű vasmagra készült, anyaga 200-400NN ferrit. A II. tekercs 20 menetből áll, anyaga d = 0,38 mm zománcszigetelésű rézhuzal. Az I. tekercs gyakorlatilag egyetlen, a gyűrűn átvezetett és a Cs2 csatlakozót a J2.1 átkapcsoló relé

18. ábra

kontaktusával összekötő huzaldarabból áll.

A Tr5 transzformátor d = 0,7 mm zománcszigetelésű rézhuzalból készült orosz K30×20×6 mm-es ferritgyűrűre, melynek anyaga VCs20. A transzformátort három összesodort (két sodrat/cm) drótból készítsük, minden tekercs 10 menetből áll. Tekintettel a vasmag anyagának szórására a pontos menetszámot és a sodrat sűrűségét a behangolás során kell pontosítani.

A teljesítmény erősítőben használt összes (orosz) relé 24 V-os. A J1, J3 típusa REN33, a J2-é REN34. A kis-megszakító típusa VA47-29. A V1 ventilátor 48 V/0,25 A-es, mérete 120×120×32 mm (pl. D1238E48B vagy EFB1248HF). A V2 ventilátor számítógép tápegységéből származik, 12 V/0,15 A-es, mérete 80×80×12 mm. Az M1 műszer végkitérése 1 mA, az M2-é 1 A.

A C1 kondenzátor két-, v. háromszekciós légforgó-kondenzátor, amilyet „old timer" rádióvevőkben használnak (az álló- és a forgórész közötti légrés min. 0,3 mm). A kondenzátor minden egyes szekcióját kössük párhuzamosan. Az anódkörben lévő C31 forgókondenzátor egy (orosz) UVCs-66 típ. fizioterápiás eszközből származik. Lényeges, hogy az álló- és a forgórész közötti légrés min. 0,8 mm legyen. A C15...C17, C29, C30 típusa KVI-3 (10 kV-os kerámia adókondenzátor) vagy K15 (3 kV-os kerámia). A többi kondenzátor csillám dielektrikumú. A C12 és C13 trimmerkondenzátorok kerámia anyagúak.

A nagyfeszültségű egyenirányítóban lévő C25 és C26 fémezett papír kondenzátorok 100 mikrofarádosak, feszültségük 2 kV. Ezek helyettesíthetők 10 darab sorba kötött 400-450 V-os, 470-680 mikroF-os elektrolit kondenzátorral. A kondenzátorok feszültségkiegyenlítése érdekében mindegyiküket söntöljük egy-egy 220 kohm/2 W-os fémréteg-ellenállással.

A K1 forgókapcsoló egy R-130 típ. (orosz) rádióállomásból származik, azonban beépítése előtt az érintkező felületeket újra ezüstözték, így 2...2,5 kW teljesítményt is lehet vele kapcsolni. A kapcsoló 10 fokozatúra lett beállítva, valamint a 2. és 3. tárcsákkal történik az 1,8, 3,5 és 7 MHz-es sávokhoz szükséges kiegészítő kondenzátorok bekapcsolása.

A PA-ban használt ellenállások többsége 2 W-os fémréteg-ellenállás. Az R44 indukciómentes 10 W-os ellenállás, az RK1-es termisztor NTK jellegű.

A La1 halogénlámpa 250...500 W/230 V, átmérője 8 mm, hossza 78...115 mm. Az izzót gyári kerámiafoglalatban helyezzük el az erősítő belsejében, a homloklap mögé. Hogy látszódjon ennek világító állapota, az előlapra a megfelelő helyen fúrjunk egy 3 mm-es furatot. A Gl1...Gl3 glimmlámpa, színük piros, zöld és kék, a LED színe kék.

Félvezető helyettesítések: KT315G – BC182B, BC546B; KT361G – BC212B, BC556B; KT805BM – BD244C; KT814G – BD140C; KT829A – BD244C; KT837A – BD140C; D2E és D9E OA..., AA...; D814A – ZPD8,2; D817A – 56 V/5 W zener; D817G – 100 V/5W zener; KD213A – 80SQ045; KSZ139A – ZPD3,9; 10A100 - BY255. A T1, T4 és T5 tranzisztorokat lássuk 25 cm^2-es hűtőfelületekkel.

Az alkatrészek többségét nyáklapokra szereljük. A teljesítménymérő nyákja közvetlenül a Cs2 csatlakozóihoz van erősítve. Az M1 műszer kalibrálásához szükséges R49 trimmerpotenciométer tengelye számára fúrjunk egy lyukat a készülékház hátsó falába, Cs2 mellé.

Élesztés, beállítás

Az erősítő elsődleges beállítása a Tr1 transzformátor feszültségmentes állapota mellett történik. Válasszuk le továbbá ennek és a Tr2 transzformátornak a II. tekercsét az egyenirányítókról. Először ellenőrizzük a +48 V/+24 V tápfeszültségek és a GK-71-es csövek fűtőfeszültségének meglétét, majd ellenőrizzük és állítsuk be az automatika blokk működését, valamint a ventilátorok optimális üzemmódját. Az RK1 termisztort melegítsük fel 100 °C-ra, és az R13 trimmer-potenciométerrel állítsuk be a magasabb fordulatszámhoz tartozó küszöböt. A maximális fordulatszámot az R19, a minimálisat az R17 trimmerekkel állíthatjuk be. Az R51 ellenállás értékét olyannak válaszszuk meg, hogy a V2 ventilátoron „TX" üzemmódban a feszültség ne haladhassa meg a +13 V-ot. A védelmi elektronika működését úgy ellenőrizhetjük, hogy a T4 bázisára egy 22 kohmos ellenálláson át +24 V-os feszültséget adunk, és az R28 trimmerpotenciométerrel beállítjuk a J3 relé kapcsolási pontját.

A GK-71 csöveket – különösen azokat, amelyeket régóta nem használtak – előzetesen egy kis „edzésnek" kell alávetni. Ekkor 12...20 órán át adjunk rájuk fűtőfeszültséget, aminek hatására a csövek emissziója beáll az előírt értékre.

Ezek után a Tr2 transzformátor II. tekercsét kössük rá az egyenirányítóra és ellenőrizzük az első rácsok feszültségét stabilizáló áramkört. Az előfeszültség értéke az R22 trimmerpotenciométer segítségével –90...–130 V között kell, hogy állítható legyen; a felvett áram értéke 8...10 mA, ezt a J1.2 relékontaktusokon tudjuk mérni. Kössük rá a hálózatra a Tr1 transzformátort és mérjük meg a csövek árnyékoló rácsán a feszültséget, amely értéke +600...+700 V kell legyen. A második rács feszültségének jobb stabilizálása érdekében, szükség esetén a Tr3 transzformátor II. tekercsének kivezetéseit cseréljük fel egymás között.

Végül pedig *az érintésvédelmi előírások maximális betartása mellett* ellenőrizzük a nagyfeszültségű egyenirányítót. Először a III. tekercsről adjunk rá +270 V-os feszültséget és ellenőrizzük a kondenzátorokon fellépő feszültségeket. Csak ezt követően adjuk rá a teljes feszültséget a Tr1 transzformátor nagyfeszültségű I. tekercséről. Az egyenirányító kimenetén terhelés nélkül 3100...3300 V-nak kell lennie, míg 0,6 A terhelés mellett 2900...3000 V-nak.

Ha minden feszültségértéket megfelelőnek találunk, úgy az erősítőt kapcsoljuk „TX" állásba, és állítsuk be a rádiólámpák nyugalmi áramát 140...150 mA értékűre.

Alapvető fontosságú annak megvizsgálása, hogy a „hangolás" és „munka" üzemmódokban nem lép-e fel gerjedés. Ennek esetleges meglétéről (bármely sávban) a C1 és C31 kondenzátorok különböző állásai mellett a nyugalmi áram hirtelen megnövekedése, a védelmi automatika bekapcsolása tanúskodik. A gerjedést indikálhatjuk egy glimmlámpa segítségével is. Ezt erősítsük egy szigetelő anyagból készült rúdra és közelítsük a kimeneti rezgőkör egyes elemeihez. Csak az esetleges gerjedés megszüntetése után folytassuk a PA további beállítását!

A bemenőköröket és az aluláteresztő szűrőket a Tr5 transzformátor menetszámának változtatásával és a C12, C13 kondenzátorok értékének válogatásával állítjuk be. Ennek során használjunk 15...20 W bemeneti teljesít-

ményt, érjük el a rádiólámpák azonos terhelését – különösen 28 MHz-en.

Az erősítő kimenetére kössünk 50 (75) ohm ellenállású, 1...2 kW teljesítményű műterhelést, a készülékházat lássuk el védőföldeléssel, a PA bemenetére adjunk 5...10 W teljesítményű jelet. A magasabb RF-sávokon hangoljuk be a pi-kört az L1 tekercs leágazásainak megválasztásával. A munkát a 28 MHz-es sávval kezdjük. A C31 kapacitása a lehető legkisebb legyen. A 14 MHz-es sávban a teljes tekercset használjuk. Ezt követően az L2 tekercs megfelelő kivezetésének kiválasztásával és a C15...C17 kondenzátorok kapacitásának válogatásával hangoljuk be az alacsonyabb RF-frekvenciákhoz tartozó pi-kört.

A kimeneti teljesítményt mérő áramkört az erősítő kikapcsolt állapotában is beállíthatjuk. Elegendő a PA bemenetére 100 W-os külső jelet adni és az antennacsatlakozóra egy 50 ohmos terhelést kötni.

Az előzetes beállítások befejeztével a teljesítményerősítőnk bemenetére adjunk 20...30 W-os jelet, és még egyszer ellenőrizzük a kimeneti rezgőkör átviteli karakterisztikáját. 1 kW kimeneti teljesítmény esetén az anódáramok értéke elérheti az 500...600 mA-t.

(Ragyio 2018/4.)

maus ELECTRONICS

// Több, mint 4 000 000 termék több, mint 500 gyártótól online elérhető

// Heti két szállítás az USA-ból, Mouser raktárról listaáron, 3 nap alatt extra költség nélkül

// Számlázás forintban vagy euróban

// 150 euró felett ingyenes belföldi kiszállítás

Maus Electronics Kft.
Tel: +36 1 244 8412, +36 1 244 8413
Mobil: +36 20 777 1080

TEXAS INSTRUMENTS

A Mouser Electronics partnere segítségével könnyebbé válik beszerzési folyamata!

Kérjen ajánlatot most!

hungary@mausel.eu

„Forrasztani csak pontosan, szépen... – ezekkel érdemes!"

SMA-50
Analóg forrasztóállomás
transzformátor + páka + pákatartó, szivacs

– 48 W-os gyors felfűtésű páka
– beállítható hőmérséklet: 150 ... 420 °C
– hőálló szilikonkábel
– szilikongumi a markolaton
– szerszám nélkül cserélhető pákahegy
– tisztító szivacs
– árban foglalt 5 db klf. pákahegy!

csak **17.990 Ft**

Fahrenheit 28011
Digitális forrasztóállomás
transzformátor + páka + pákatartó, szivaccsal

– 150 ... 450 °C-fok, digitálisan, foly. állítható
– 24 V/48 W-os hőérzékelős, kerámia fűtőbetétes páka
– klf. alakú, könnyen cserélhető pákahegyek
– fix hőm. állító gombok: 200/300/400 °C
– dupla LCD: kívánt/valós pákahőmérséklet
– külön is rendelhető páka (2500 Ft) és pákahegykészlet (2490 Ft/4 db)

csak **23.990 Ft**

HAM-bazár Budapest XIII., Dagály u. 11. I. em. folyosóközép H-P. 09–14, Cs. 09–17 óra
Rendeljen, postán is elküldjük, a postaköltség felszámításával!
1550 Budapest, Pf. 123 239-4932/36 239-4933/36
hambazar@radiovilag.hu www.radiovilag.hu

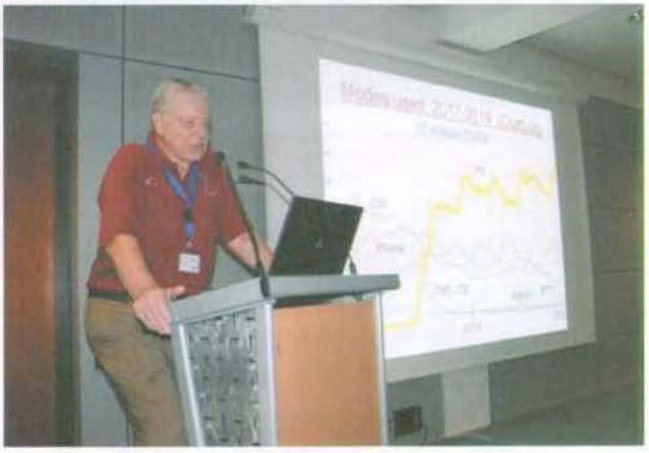
9

CQ de HA... CQ de HG... 2019

Lendvai Klára HA5BA, ha5ba@kispest.hu

30 éve áll a Budapesti Rádióamatőr Szövetség (BRASZ) élén *Békei Ferenc* (HA5KU), aki idén 70 éves! 44 éve lett újdondásza és 37 éve főszerkesztője a Rádiótechnika folyóiratnak és annak évkönyveinek. Szerencsés embernek tartja magát, mert azt vallja: munkája egyben a hobbija is. Gyermekkori álom megvalósulása 16 éves korában kezdődött, amikor jelentkezett a Budapesti Rádió Klub tanfolyamára. Az A-B-C amatőrvizsgák letétele után 1971-től, mint HA5KU „szörfözhetett" az éterben. A Magyar Rádióamatőr Szövetség (MRASZ) 1989. december 9-ei rendszerváltó közgyűlésének levezető elnökeként szerzett elévülhetetlen érdemeket a közösségért való önkéntes munkában. Többször jelölték országos elnöknek, ám ezt a feladatot nem érezte magáénak. Hiszen ott volt a Rádiótechnika, a Hobby Elektronika, a Reményi István Rádióamatőr Alapítvány (melynek társalapítója) és a BRASZ elnöki posztja, amelyet 1989. november 17-től megszakítás nélkül napjainkig betölt. Az igazi szakmai kibontakozást számára a szakújságírás jelenti. Egy kis statisztika az elmúlt 44 év „terméséből": több, mint 1000 műszaki és mozgalmi cikk, 500 lapszám, 7000 oldal, 40 könyv szerkesztése, írása fűződik nevéhez. A MRASZ országos elnökségében több ciklusban tevékenykedett. A késő kilencvenes években, látván a Szövetség akkori kritikus anyagi helyzetét, javaslatára vállalták a területi szövetségek tagdíj-visszatérítésük csökkentését. Ez akkor a szövetség megmentését jelentette! A Budapesti Rádióamatőr Szövetség (korábbi nevén MRASZ Budapesti Szövetsége) elnökeként minden szakági Budapest-bajnokságon és sok országos bajnokságon is nívós versenydíjakról gondoskodik harminc éve! 30 éves BRASZ jubileum alkalmából a Budapesti Sportszövetségek Uniója elnökétől, *dr. Kamuti Jenő* olimpiai bajnoktól (képen balról), munkája elismeréseként kitüntetést vehetett át a Budapesti Városházán. Elnök úr, kedves Feri, köszönjük és szívből gratulálunk!

Ha június, akkor HAM RADIO és Németország. Ezúttal június 21. és 23. között fogadta Friedrichshafen a 44. HAM RADIO Nemzetközi Rádióamatőr Kiállítás és Vásár és annak keretrendezvénye, a 70. DARC Constance Konferencia résztvevőit; szám szerint 184 kiállítót, 32 országból, valamint a közel húszezer látogatót. A találkozó és annak ünnepélyes megnyitójának díszvendége volt *dr. Joseph Hooton Taylor Jr.* (K1JT) asztrofizikus, a Princeton-i egyetem 78 éves professzora, az FT8 (és elődei) modulációs mód kidolgozója. Fizikai Nobel-díját csillagászati tudományos eredményeiért kapta, melyek elvezettek a gravitációs hullámok igazolásához. A HAM RADIO kiállításon az élvonalbeli professzionális kiállítók ismét rendre felsorakoztak. Megtekinthettük többek között a Difona, az ICOM, a YAESU, a Spiderbeam újdonságait.



A rendezvény mindhárom napja tartalmas programokat kínált, érintve a rádióamatőr élet különböző szegmenseit. Álljon itt néhány ízelítőnek: Contest akadémia, SDR akadémia, ENIGMA és egyéb titkosítási protokollok, a Radio DARC közönségtalálkozója, ARRL vizsga, Morse vizsga, YL-Meeting, SWL tanfolyam és vizsga, DIG-, AGCW-, SOTA-találkozók, élménybeszámolók. Külön öröm és büszkeség, hogy a „2018. év DX Expedíciója" címet a VP6D Ducie Island nyerte, melynek magyar tagja *HA0NAR Laci* volt. Az oklevél átadására a HAM Radio kiállításon, a DX Fórum keretében került sor. Szövetségünk standját idén is HA5BA és HA5LC építették és működtették. Budapest a 2019-es évben Európa sport fővárosa, az eseményre nagyméretű roll-up-ot helyeztünk el a standon. A szokásos QSL-forgalmat *Zelei Csaba* (HG5DX) QSL manager bonyolította, a tőle megszokott csendes, ám igen szakszerű módon. Ahogy repülnek a hónapok, már megkezdődött a visszaszámlálás; irány a 45. HAM Radio, 2020. június 26. és 28. között, a Bodensee partján!

1971, Budakalászi Rádióklub. *Németh Tibor*, az akkor 16 éves fiúcska itt sajátította el a rádióamatőr tudomány alapjait, majd ezt követően1973-ban már a HA7TM hívójellel rádiózott, napi szinten. Belekóstolt a rádió-iránymérésbe, rádiótöbbtusába is, jöttek sorra az országos eredmények. 1974-ben megalakította az Érdi Rádióklubot. Számos országos bajnoki cím, több nemzetközi helyezést követően 1993-ban kitüntetést vehetett át a Sportminisztériumtól. Az érdi átjátszók telepítése a nevéhez fűződik, a mai napig felügyeli, karbantartásukról gondoskodik. A '90-es évektől számos expedícióban vett részt, hallhattuk EA8/HA7TM, HA7TM/PT7, JY/HA7TM, 3B8/HA7TM, 5B/HA7TM, 6W/HA7TM, HA7TM/HI9, T88CJ hívójelekkel rádiózni. 2008-ban kezdte el a műholdas tevékenységet, egy 3D rendszerrel, amit egy G-5500 és egy GS-232 forgatórendszer vezérel. 2008-ban megnyerte az IARU HF Világbajnokságot, ezért miniszteri Elismerő Oklevelet vehetett át. 2010-ben költözött jelenlegi QTH-jára, Debrecen-Halápra, ahol létrehozta a HG7T világszínvonalú versenyállomást. 4 db 35 méteres tornyot állított, melyeken 3-elemes Yagi 40 m-re, 2×6-elemes Yagi 20 m-re, 6-elemes Yagi 15 m-re, 7-elemes Yagi 10 m-re kapott helyet. A berendezés pedig nem egyéb, mint FTdx5000MP készülék. A 2010-es és 2011-es években az „Év Rövidhullámú Sportolója" címet elnyerte. 2013-ban a HG7T hívójelét az Érdi Városi Rádióklubnak adományozta, azóta HA7T Tibi versenyhívójele. 2014-től támogatja a MRASZ QSL-irodát. Kiemelkedő rádióamatőr munkája elismeréseként 2016-ban a Magyar Rádióamatőr Szövetség elnöksége Életműdíjban részesítette. További kimagasló eredményeket kívánunk Tibinek és csapatának!

„Egy évszázadnyi víz folyt már le a magyar nemzet egyik legdicsőbb napja óta azon az Ipolyon, amelyet az Antant ördögi terve hajózható folyamnak minősített." Balassagyarmat lakossága fegyvert fogott a nógrádi várost két hete megszállás alatt tartó cseh legionáriusok ellen, akiket a közelben állomásozó magyar katonaság segítségével még azon a napon, 1919. január 29-én kiűztek a településről. A balassagyarmati vasutasok, polgárok és katonák bátorságának köszönhetően a város a trianoni béke után is Magyarország része maradt. A Nyugat-Nógrádi Rádiósok Egyesülete *HA6OI Zoli* vezetésével kéthetes éterforgalmi aktivitást rendezett a HG100CFB speciális hívójellel, és egy reprezentatív diploma is kiadásra került, tisztelegve a bátor hősök emléke előtt. Magyarország Országgyűlése fejet hajtott Balassagyarmat lakóinak és védőinek az 1919-es támadás idején a város hősies védelmében tanúsított bátor magatartása előtt, ezért törvénybe rögzítve Balassagyarmat városnak a „Legbátrabb Város" („Civitas Fortissima") címet adományozta.

HA8KW Feri old man a Morse Runner versenyszám immár ötszörös világbajnoka – 2014, 2015, 2016 és 2018 után – 2019-ben Bulgáriában sikeresen megvédte világbajnoki címét. Néhai *Györök Imre* bácsi (HA8UX) tanítványa Jászszentlászlóról indult, még 1976-ban, a szakma ekkor találkozott első ízben a nevével a Lenin Ifjú Távírásza verseny kapcsán. 1977-ben Rádiótöbbtusa OB, majd a nemzetközi Testvériség-Barátság RTT verseny. Megszállott éterversenyző, igyekszik mindenből a maximumot kihozni. HA8KW, majd később a HA6A versenyhívójellel sorra halmozta a világ és európai dobogós helyezéseket. 2006-ban a CQ WW WPX CW versenyen világ 3., az IOTA Contesten szintén világ 3. 2007-ben, 2008-ban és 2011-ben a CQ WW CW-n világelső, 2010-ben és 2016-ban világ második, európai első. 2012-ben Z38N (HG6N) csapattal a CQ WW CW MM kategóriában európai 4. helyezést értek el. A CQ WW 160 méteres verseny CW és SSB fordulójában többszörös világbajnoki címet nyert a HG8DX csapat tagjaként. A MOB Nem Olimpiai Sportágak számára adható elismerést 2015-ben vette át a sportért felelős államtitkár asszonytól. Többször elnyerte az „Év HST Sportolója" címet. A nem mindennapi sportkarrier mellett van energiája versenyek szervezéséhez is. Néhai mestere előtt tisztelegve évi rendszerességgel megrendezi a Györök Imre Kupa Gyorstávírász versenyt, és a Nosztalgia Rádiótöbbtusát, valamint a magyar kézibillentyűs éterversenyt. Energiája kifogyhatatlannak tűnik, hajrá Fecó!

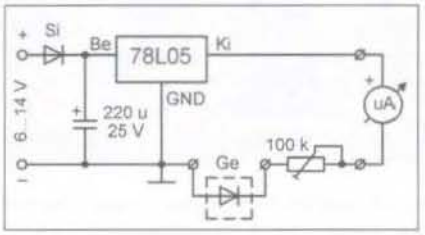
Sok kis kapcsolás

Hobby Elektronika című folyóiratunk első (1990. júniusi) számától igen nagy népszerűségnek örvendett az abban rendszeresen jelentkező „skk – sok kis kapcsolás" rovat. Napjainkban ezen régebbi számok gyakorlatilag beszerezhetetlenek és a közismert mottó – Egy újszülöttnek minden vicc új! – elektronikabeli variánsa is igaz.

Évkönyvünkben most továbbfolytatjuk a régebbi Hobby Elektronika évfolyamok skk-tallózását.

Hőmérséklet-indikátor

Kb. 120 °C maximális hőmérséklet indikálására szolgál az **1. ábrán** szemléltetett egyszerű áramkör. A konstruktőre eredetileg motorkerékpárokhoz, a henger esetleges túlhevülésének jelzésére fejlesztette ki.



1. ábra

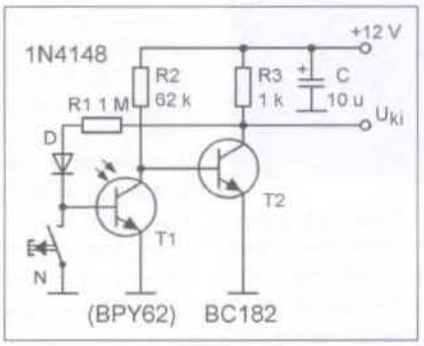
A stabilizátor IC 5 V-os kimeneti feszültséget szolgáltat. Névlegesen 6 V-os bemenet esetén kis feszültség eséssel is működő, ún. low-drop IC-t alkalmazzunk, s a bemeneti diódát hagyjuk el!

Az 5 V a szaggatottan jelzett „szondadiódán" záróirányú áramot hajt át, amelyet a mikroA-mérő indikál. A szondadióda hőmérsékletének növekedtével ez az áram nem lineárisan (hirtelen, de az exponenciális függvény mértékénél kevésbé meredeken) növekszik.

A trimmerrel a műszert a már említett 100 ... 120 °C-on végkitérésre állítjuk, a közbenső hőmérséklet-értékeket a műszer skáláján bejelöljük, így a teljes áramkört kalibráltuk.

Fotótrigger

A **2. ábra** kapcsolása kis meredekségű



2. ábra

(kis fényerőváltozási sebességű) megvilágítás-jel hatására határozott, meredek kimenőszint-váltással reagál. Sötét állapotban T1 fototranzisztor zárt, kollektorárama gyakorlatilag nulla. Az R2-n keresztül T2 telítésbe kerül; az Uki ponton a 0-hoz közeli szint mérhető.

A megvilágítás növekedésére a T1 növekvő kollektorárammal válaszol, így a T2 vezérlőfeszültsége csökken. A T2 bázisárama korlátozza T1 kollektoráramát: ekkor a növekvő kollektorfeszültség az R1 visszacsatoló ellenálláson és a D diódán át hirtelen teljesen kinyitja a fototranzisztort. Ekkor viszont a T2 teljesen lezár és a kimenet szintje a tápfeszültségnek megfelelő lesz.

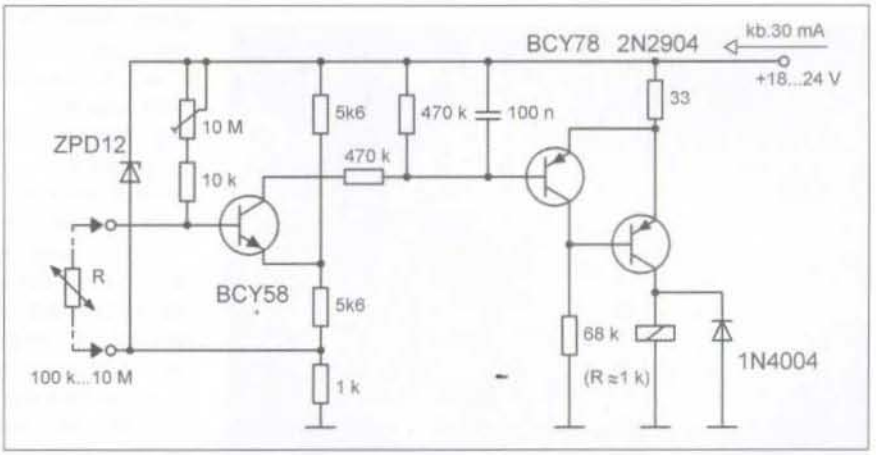
A pozitív visszacsatolás következtében az áramkör ebben a reteszelődött állapotban marad mindaddig, amíg az N nyomógombbal a T1-et egy pillanatra lezárjuk vagy a tápfeszültséget megszüntetjük. A dióda megakadályozza, hogy a T1 bázisára fénymentes állapotban az R1-en keresztül nyitóáram folyjon. A T1 helyére gyakorlatilag tetszőleges típusú, báziskivezetéses Si npn fototranzisztor beépíthető.

Univerzális kapcsolóerősítő

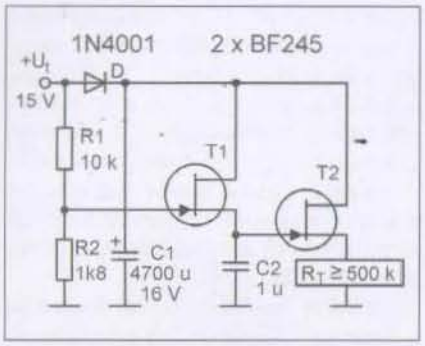
Kb. ±1% kapcsolási pontosságú, jelfogót meghajtó erősítő látható a **3. ábrán**, amelyhez egy 100 kohm ...10 Mohm tartományba eső ellenállás jellegű érzékelő (pl. termisztor) csatlakoztatható. A kapcsolási pont a 10 Mohmos trimmerrel állítható be. A kapcsolás 70 °C-os környezeti hőmérsékletig működőképes, hőfokfüggése csekély.

Szükségáramforrás CMOS áramkörökhöz

A kisfogyasztású logikai áramkörök vagy tárolók állapotának megőrzését tápfeszültség-kieséskor akkumulátoros vagy száraztelepes (újabban lítium-elemes) szükségáramforrással biztosítják. Igen alacsony fogyasztású rendszer és viszonylag rövid idejű tápfeszültség-kiesések mellett a tápfeszültséget akár egy, az akkumulátoroknál üzembiztosabb, olcsóbb és gondozást nem igénylő alumíniumelkó is szolgáltathatja, ha azt beiktatjuk pl. a **4. ábra** szerinti áramkörbe.



3. ábra



4. ábra

A kapcsolásban a C1 energiatároló kondenzátort a D-n keresztül 15 V-ra töltjük fel. A max. 10 uA áramfelvételű hálózat +5 V-os tápfeszültségét a két FET biztosítja az által, hogy a C2 referenciakondenzátort az R1, R2 osztó és a T1 kapufeszültsége által megszabott feszültségre tölti fel.

Ha a $+U_T$ kimarad, akkor T1 lezár és a kis szivárgási áramú (műanyag dielektrikumú C2) feszültsége gyakorlatilag nem csökken. Ezzel a source-követőként üzemelő T2 source-feszültsége sem csökkenhet mindaddig, amíg a C1 el tudja látni a rendszert tápfeszültséggel.

Amennyiben a C1 belső veszteségi ellenállása nagyobb mint 1 Mohm és a terhelő áram 10 uA, a $+U_T$ megszűnését követően 53 percig képes a kapcsolás az 5 V-os tápfeszültség biztosítására. Ezután a kimeneti feszültség a C1 feszültséggel egyidejűleg csökken.

Autórádió-hangvégfokozat kiegészítése hídkapcsolássá

Folyóiratunkban már a korábbiakban is bemutattunk hídkapcsolású hangvégerősítőket. Az immár szokványos ellenütemű, „szimpla" végfokozatokhoz képest előnyük, hogy a felülkorlátos tápfeszültség és az alulkorlátos hangszóró-impedancia ellenére dupla kimeneti teljesítményt nyerhetünk.

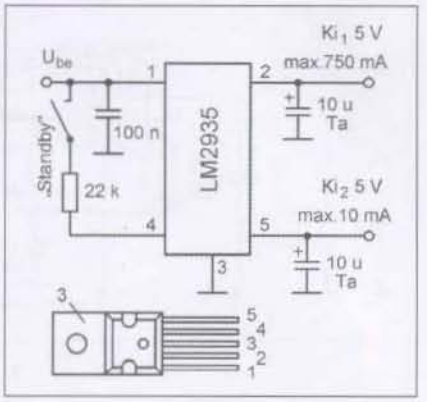
Az **5. ábrán** egy már meglévő öreg, analóg autórádió hangvégfokozatának kimeneti teljesítményt-növelő kiegészítésére mutatunk megoldást. Az autórádióból (az ábrán szaggatottan körbevont részből) csupán a három, jól hozzáférhető pontot kell kivezetnünk, s a hangszórót egyenáramúlag leválasztó, a kimeneti elektrolit kondenzátort rövidre zárnunk. Utóbbi műveletet a kiegészítő TDA2030 kb. féltápfeszültségre történő beállítása érdekében szükséges. Jelen alkalmazásban ez az IC egységnyi erősítésű, de fázisfordító kapcsolásban üzemel: Au = –R2/R4 = –1, mivel R3-hoz képest a hangfrekvenciás tartományban C3 közel rövidzárnak tekinthető.

Az áramkör tápfeszültsége értelemszerűen a jármű névleges 12 V-ja, egyébként 9 V és 36 V között tetszőleges lehet. Az IC-ként a hajdani RFT A2030-as típusát is alkalmazhatjuk. A hűtőzászlója a negatív tápfeszültséghez, jelen esetben a testhez (tehát a készülék fémvázához) galvanikusan is csatlakoztatható.

LM2935-a „kikapcsolható stabkocka"

A MOTOROLA cég kínálatában pozitív és negatív, szimpla és dupla, fix és szabályozható kimenetű feszültség stabilizátor IC-k kifejezetten széles választékban szerepelnek. Ezek egyikének, az LM2935 típusnak alkalmazási példáját és küllemrajzát a **6. ábra** szemlélteti.

Mindkét kimenet feszültsége stabil 5 V. Az első legfeljebb 750 mA-rel, míg a második (a referencia) legfeljebb 10 mA-rel terhelhető; utóbbi a negyedik lábra vezetett árammal lágyan be és kikapcsolható („stand-by" üzem lehetősége).



6. ábra

Az IC saját áramfelvétele csekély, a harmadik lábán kifolyó áram (I_Q) legfeljebb 3 mA. A bemeneti feszültség maximális értéke 26 V, a minimális pedig 5,6, tehát az IC a low-drop kategóriába sorolható.

Áram-visszacsatolásos hangvégfok

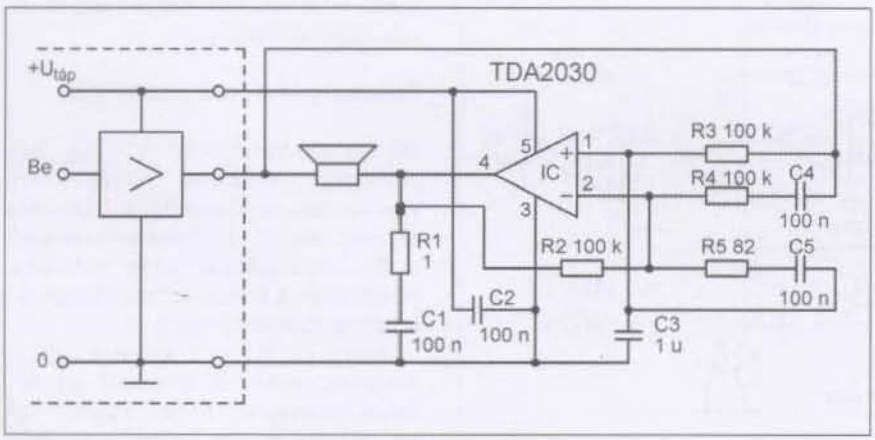
A hangfrekvenciás erősítők technikájában az eddigi „feszültségszemléletű" megoldások helyett egyre inkább teret kapnak az „áramszemléletű" megoldások. Utóbbiak sokkal közelebb állnak a valós félvezető-alkatrészek valós működési viszonyaihoz. (Lásd pl. az Alexander-erősítőről szóló sorozatot a Rádiótechnika 1998/3. számától kezdődően.)

E törekvésre emlékeztet a **7. ábrán** vázolt áramkör, a jól ismert TDA2030 típusú IC némileg még szokatlan kapcsolása. A negatív visszacsatolás a terhelés (a hangszóró) áramával (tehát nem a feszültségével) arányos. Ez a megoldás az eredő torzítások és frekvenciaátviteli jellemzők kifejezett javulásához vezet.

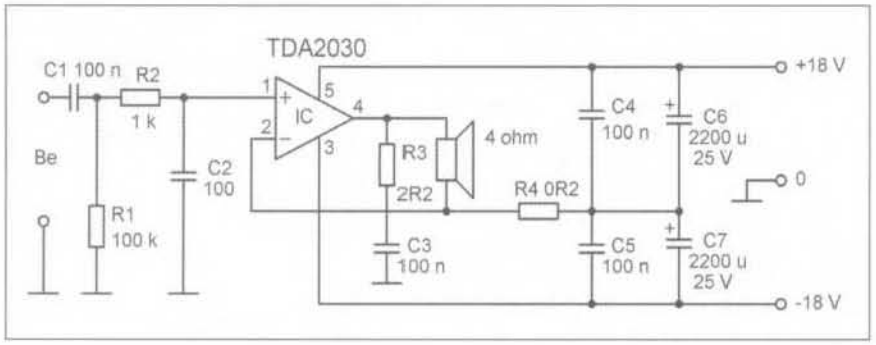
Említésre érdemes, hogy a tápág kondenzátorai (C4 ... C7) nem csatlakoznak a közös áramköri ponthoz, azaz a 0-hoz.

Foto-monoflop

Egy fényjelekkel vezérelt monostabil multivibrátor kapcsolása látható a **8. ábrán**. A kimeneti impulzus szélességét az RC-tag időállandója szabja meg. Az impulzus szélessége független a fényimplulzusétól, amennyiben ez utóbbi elegendő a fototranzisztor vezérléséhez.



5. ábra

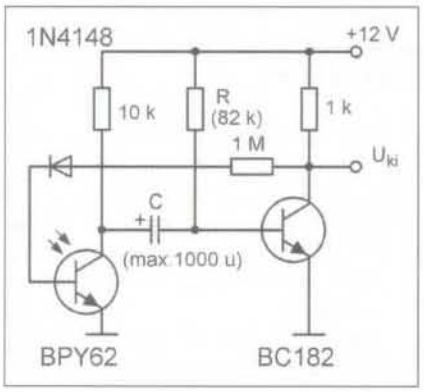


7. ábra

A BPY62 helyett gyakorlatilag bármilyen típusú, báziskivezetéses npn Si fototranzisztor beépíthető.

Linearizált hőmérsékletmérő áramkör

Az ipari elektronika kedvelt hőmérséklet szenzora a nagystabilitású platina ellenállás. Sajnos a szenzornak van egy hátrányos tulajdonsága: a hőmérséklet/ellenállás karakterisztikája nem lineáris. Ha pl. egy Pt-100 szenzort 0° C-on és 100 °C-on kalibrálunk, akkor a skála közepén, 50 °C-on 0,7 °C-os eltérést kapunk, azaz egy lineáris mérőelektronika 50,7 °C-nak megfelelő jelfeszültséget szolgáltat. (A Pt-100 névleges ellenállása 0 °C-on 100 ohm, 100 °C-on 138,5 ohm.)



8. ábra

A **9. ábrán** a probléma egy frappáns megoldására, a mérőerősítőben együttesen alkalmazott negatív és pozitív visszacsatolásra láthatunk példát. Ezzel a trükkel a linearitáshiba 0,05 °C-ra szorítható le!

Az áramkör működése röviden a következő. Az RT hőfokérzékelőt az IC1 bandgap referenciaforrással vezérelt IC2a referenciaerősítő táplálja. Az RT, R3 tagon folyó áram kb. 0,8 mA; ez nem melegíti lényegesen a szenzort. A szenzorból és az R3-ból alkotott osztó hőmérsékletfüggő feszültsége az IC2b főerősítő nem invertáló bemenetére kerül. Az invertáló bemenet a 2,5 V-os referenciafeszültségre kapcsolódik.

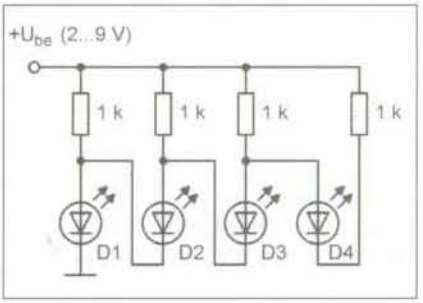
A fokozatra az IC2C bufferen keresztül pozitív visszacsatolás is hat, amelyhez a feszültséget az R8, P osztó állítja elő IC2b kimenőjeléből. Amíg a szenzor hideg, addig a pozitív visszacsatolás kisebb az R4 által létesített negatívnál. A szenzor hőmérsékletének emelkedésével a két visszacsatolás egyenlő mértékűvé válik. A pozitív visszacsatolás mértékének a trimmerrel való megfelelő beállításával elérhető az említett 0,05 °C-os linearitás hiba.

A teljes rendszer átviteli tényezője a kimeneti erősítő (IC2d) erősítésének R7-tel történő kalibrálásával állítható be. (A prototípusnál a 0 ...100 °C hőmérséklet-tartományhoz kb. –0,333 ... –1,5 Uki tartozott.)

LED-sávos feszültségindikátor

Nagyon egyszerű DC-indikátort mutat a **10. ábra**. Igaz, ez az áramkör csak jól terhelhető feszültségforrásra (pl. hálózati dugasztápra) kapcsolható, viszont nem igényel speciális LED-sor meghajtó IC-t vagy több IC-ből, tranzisztorból felépített vezérlőáramkört. (Amelynek tápellátásáról külön kellene gondoskodni.)

Amint a +Ube eléri a 2 V-ot, világítani kezd a D1, 4 V-nál a D2 is, 6 ... 7 V-nál a D3, végül 9 V-tól mind a négy LED. A kapcsolásban bármilyen színű, lehetőleg extrafényű világító dióda alkalmazható.

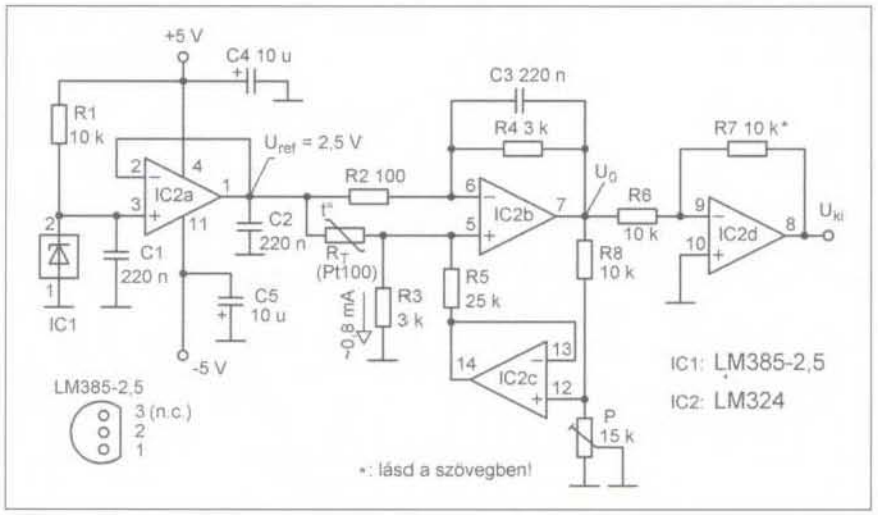


10. ábra

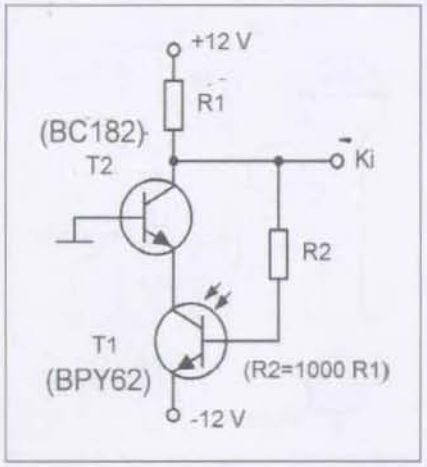
Fototranzisztorok gyorsítása

Ha egy fototranzisztorból és egy „közönséges" szilícium tranzisztorból kaszkódfokozatot képezünk a **11. ábra** szerint, akkor a T1 fototranzisztornak a fényimpulzusokra adott válaszimpulzusának a fel- és lefutási idejét jelentősen csökkenthetjük.

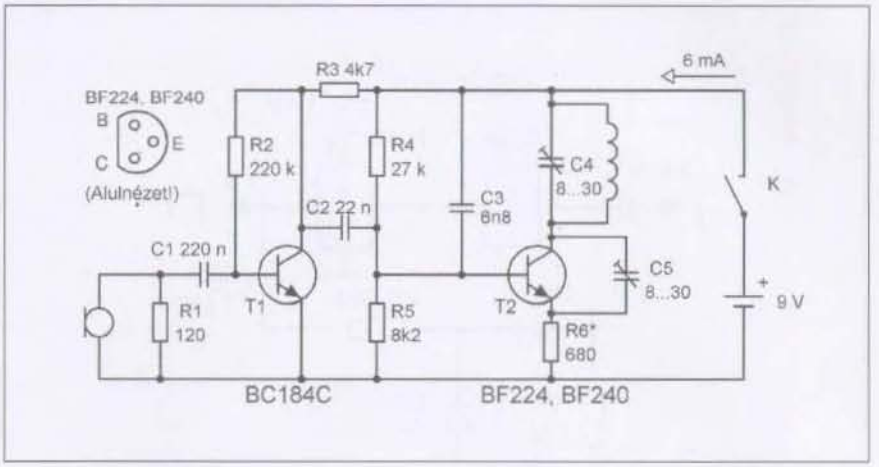
Ha a pl. R1 = 1 kohm és R2 = 1 Mohm, akkor a kimeneti jel felfutási/lecsengési ideje kisebb 0,5 us. Az R1-et 6,8 kohmra, az R2-t 6,8 Mohmra növelve a kimeneti jel



9. ábra



11. ábra



14. ábra

amplitúdója ugyanolyan megvilágítás mellett a hatszorosára nő úgy, hogy közben a fel-, lefutási idő még 0,7 us-on belül marad.

Természetesen a megadott fototranzisztor-típus bármilyen, báziskivezetéses npn Si fototranzisztorral helyettesíthető.

HF-végerősítő, mint áramgenerátor

A **12. ábrán** látható áramgenerátor egy speciális mérési feladatra készült, de sok más célra is alkalmas lehet. A lényege az, hogy a viszonylag olcsó TDA2030 (akárcsak a közismert TDA2020; belső kapcsolásuk is nagyon hasonló) gyakorlatilag nem egyéb, mint egy nagy teljesítményű műveleti erősítő!

Mivel ebben a kapcsolásban a terhelés egyik kapcsa sem földelt, az áramkört a legtöbb esetben a rendszer többi egységétől galvanikusan független tápegységről kell táplálni. A tápfeszültségek értéke a terhelő-ellenállástól függ. Az IC disszipációjának mérséklése érdekében a terhelőellenállás által megszabott minimumra válasszuk! (Maximális terhelő-ellenállás mellett a 4. kimeneten szkóppal ellenőrizve a jelalakot, az eredetileg szinuszos jel csúcsai nem lehetnek „vágottak", ill. nem szuperponálódhat azokra 50 vagy 100 Hz-es búgófeszültség.)

A kimeneti I áram az ábrán feltüntetett képletből számítható; értéke max. 2,5 A lehet, az IC jó hűtése mellett.

Fázisbillentyűzés (PSK) – egyszerűen

Szinuszos jelek 0 fok/180 fokos fázisbillentyűzésére mutat egy rendkívül szellemes, egyszerű módszert a **13. ábra**. A szinte tetszőleges műveleti erősítő (pl. 741, TL071 stb.) erősítése a bemeneti jelre nézve vagy 1, vagy –1, attól függően, hogy a tranzisztort a billentyűzőjel telítésbe vezérli vagy zárt állapotban tartja-e. Vagyis: amennyiben a vezérlőjel szintje L, akkor a neminvertáló bemenet nincs földrezárva, így – alacsonyfrekvenciájú bemeneti jelre nézve – gyakorlatilag nincs fázisforgatás. Ha a billentyűzőjel H-ra ugrik, akkor a tranzisztor telítésbe megy, a nem invertáló bemenetet földre zárja, így az áramkör jelbemenete és jelkimenete között 180 fokos fázisforgatás áll elő.

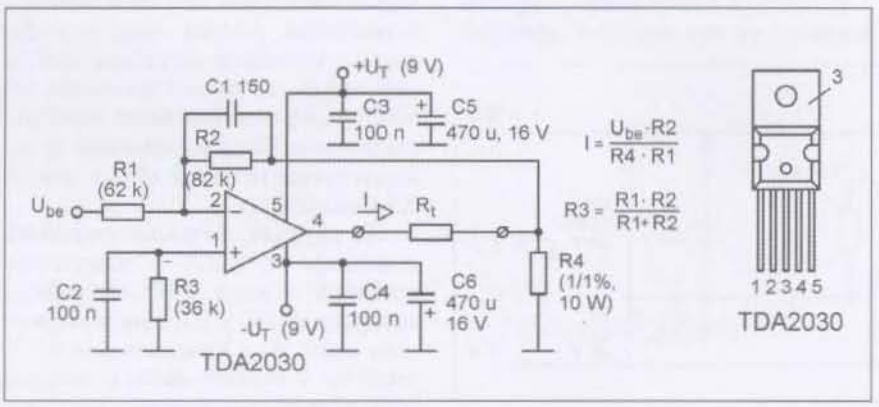
A tranzisztor gyakorlatilag bármilyen npn Si kisteljesítményű univerzális típus lehet.

Drótnélküli mikrofon

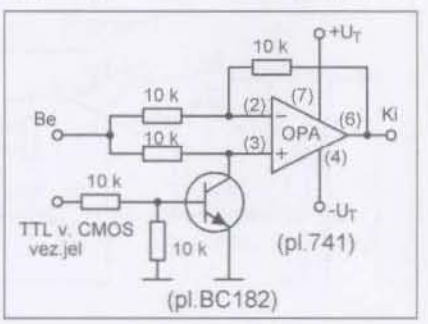
Változatlan népszerűségnek örvendenek a vezetékes kapcsolat helyett a rádióhullámok útján üzemelő mikrofonok. Hazánkban az ún. OIRT-URH-sávban (66 ... 73 MHz, egykori „keleti" URH) gyakorlatilag adóberendezés már nem üzemel, így mikrofonunkhoz aránylag szerény szelektálóképességű műsorvevő készülék is megfelel.

A **14. ábrán** vázolt kis áramkör a vevőkészüléktől számított kb. 25 m távolságig nyújt kielégítő hangátvitelt. T1 szerepe a dinamikus mikrofon jelének felerősítése. A T2-vel felépített fokozat egy rezgéskeltő, amelynek frekvenciáját az előbbi fokozat kimeneti jele modulálja.

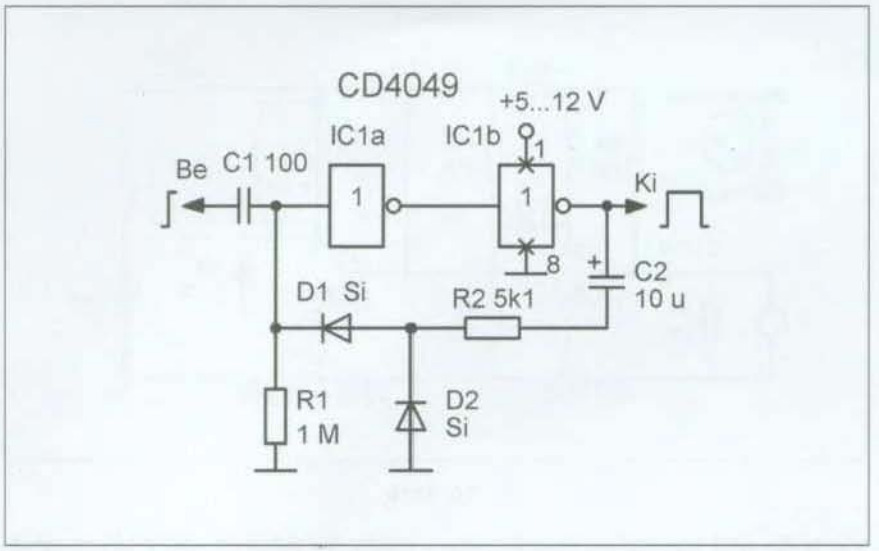
Az RF-rezgőkör tekercse, amely egyben „antennaként" is szolgál, ön-



12. ábra



13. ábra



15. ábra

hordó kivitelű; 8 mm-es átmérőre, 6 menet, 1 mm-es CuZ vagy CuAg (zománcozott réz vagy ezüstözött réz) huzalból. E tekercs a mikrofontörzs alsó részében, a markolat alatt, villamosan nem árnyékoltan helyezkedjék el. Mivel így – a külső hatások következtében – a sugárzás frekvenciája jelentősen változhat, ezért vevőkészülékként célszerű AFC-vel (automatikus frekvencia után-szabályozással) rendelkező típust alkalmazni.

Monostabil multivibrátor inverterekből

A tranzisztoros felépítéséből jól ismert monostabil multivibrátor CMOS-IC-s változatát szemlélteti a **15. ábra**. A bemeneti felfutó él hatására a kimeneten T = 0,7R1C2 hosszúságú pozitív impulzus jelenik meg. Mindennek alapfeltétele, hogy R2 lényegesen kisebb mint R1.

A kapcsolásban szinte bármilyen más típusú, CMOS-struktúrájú inverter alkalmazható. A határozott működés érdekében C2 kondenzátor minél kisebb szivárgó áramú példány legyen.

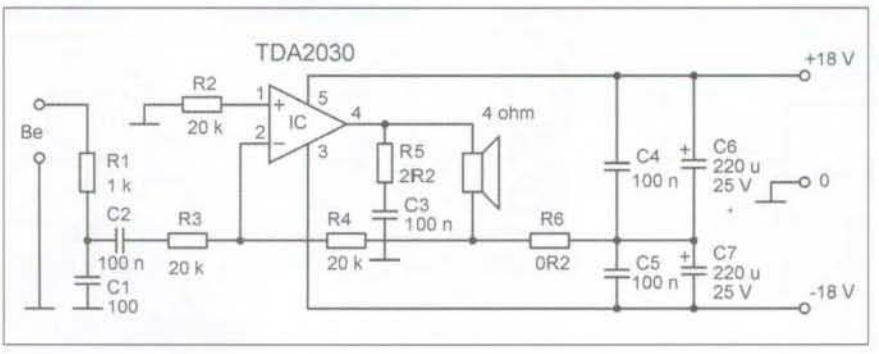
Áram-visszacsatolásos hangvégfok – invertáló megoldásban

A korábbiakban a TDA2030 típusú integrált áramkör úgymond szokatlan megoldású visszacsatolását szemléltettük. Az IC neminvertáló kapcsolásban üzemelt.

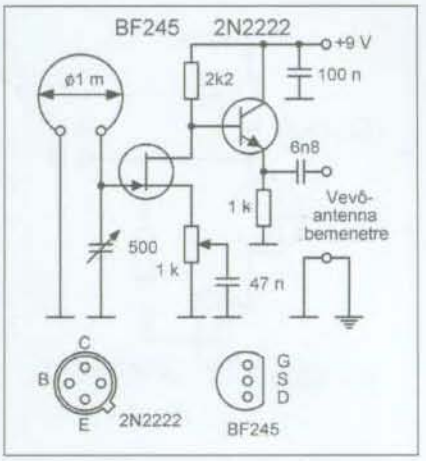
E visszacsatolási megoldást, de az IC invertáló bekötését a **16. ábrán** láthatjuk, amely az előzőhöz képest némileg stabilabb működést, jobb átviteli jellemzőket eredményez.

Aktív keretantenna

A lakótelepi vasbetonszerkezetek sajnos jól elárnyékolják az elektromágneses mezőktől a lakókat, így a hosszú- és a középhullámú adások vétele (is) azokban szinte lehetetlen. A **17. ábrán** látható egyszerű aktív antenna egy 1 m átmérőjű öntartó huzal-, vagy csőhurokból és egy egyszerű erősítőből



16. ábra



17. ábra

áll. A hurkot a házon kívül (pl. az erkélyen) helyezzük el, célszerűen, forgathatóan. Az antenna rövid, sodrott vezetékpáron keresztül csatlakozzon az erősítőhöz!

Az állomásra hangolás ezentúl legalább két mozzanatból áll: először a készüléken „behozzuk" a kívánt állomást, utána az antennaerősítő forgójával a legjobb vételre hangolunk.

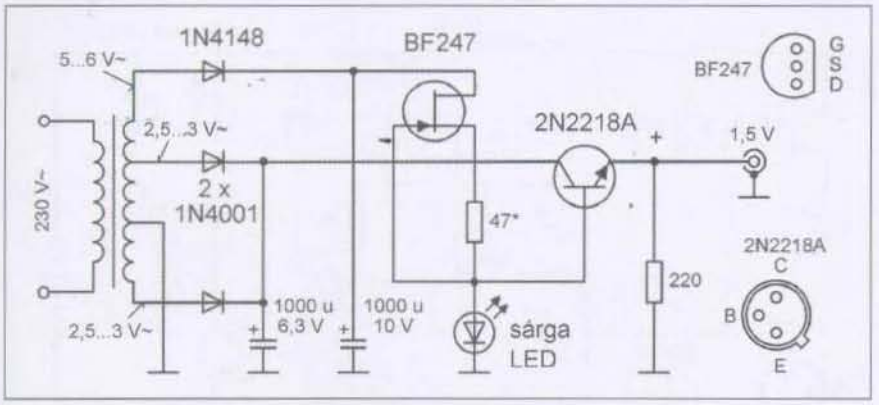
Szükség esetén az antenna forgatásával megkeressük a legjobb vételi irányt. Ha a térerő túlságosan nagy és túlvezérlődik a vevő, akkor a potenciométerrel csökkentjük az erősítést.

1,5 V-os tápegység

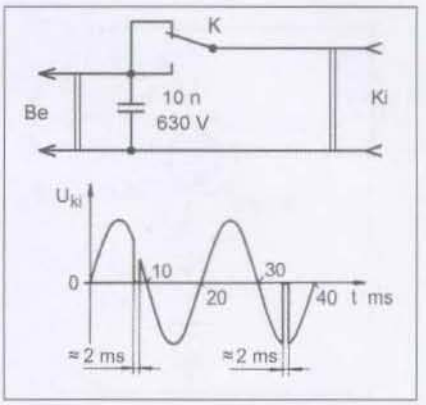
A modern közszükségleti elektronikai cikkek között újabban sok olyat találunk, amelyek mindössze egyetlen 1,5 V-os elemmel működnek. Mivel a korábbi 3 vagy 4,5 V-os változatukhoz képest a teljesítményük nem csökkent, természetszerűleg ezen készülékek áramfelvétele nőtt meg, tehát az elemet hamar lemerítik.

A **18. ábra** szerinti stabilizált tápegységbe a hálózati transzformátort sajnos magunknak kell elkészítenünk. Megtehetjük például, hogy egy dugasztáp kétkamrás csévetestű trafóját szétszedjük, az eredeti szekundert letekercseljük és a feltüntetett feszültségeknek megfelelő menetszámú új tekercsrendszerrel látjuk el (kb. átmérő 0,3 CumZZ-ből).

Az egyszerű, áteresztőtranzisztoros stabilizátor kb. 2,2 V-os referenciafeszültségét a sárga LED szolgáltatja, amelyet a BF247 jFET, mint áramgenerátor táplál. Ha a kimeneten nem 1,5 V +0,2/–0,1 V mérhető, akkor a csillaggal jelölt ellenállást módosítsuk! Figyelem, a kimenet nem rövidzárvédett!



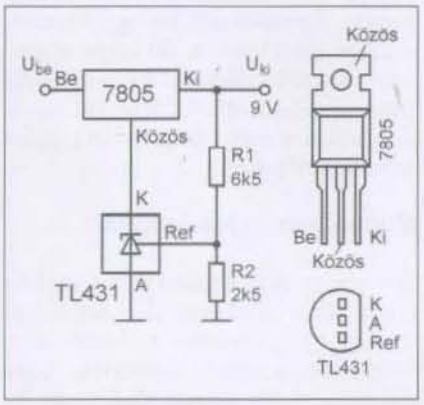
18. ábra



22. ábra

„Feltuningolt" stabilizátor

Rendkívül stabil kimeneti feszültségű, 1 A terhelhetőségű, rövidzárvédett stabilizátor készíthető egyszerűen egy



19. ábra

hagyományos „stabkocka" és a TL431 típusú bandgap-referencia forrás felhasználásával a **19. ábra** szerint. A kimeneti feszültség az alábbi képlettel számolható:

$$U_{ki} = 2{,}5/(1+R1/R2)\ [V]$$

A minimális kimeneti feszültség: $U_{kimin} = 7{,}5$ V, a minimális bemeneti feszültség pedig $U_{bemin} = U_{ki} + 3$. Az ábrán feltüntetett értékekkel $U_{ki} = 9$ V adódik.

A TDA2003 – áram-visszacsatolással

A lapunk hasábjairól is jól ismert hangfrekvenciás végerősítő IC-k áram-visszacsatolásos kapcsolását szemlélteti a **20. ábra**. (E visszacsatolás-megoldás alapelveit s előnyeit korábban, a TDA2030 példáján taglaltuk.)

Jelen kapcsolásban az IC feszültségerősítése a hangszóró-impedancia és az R3 ellenállás hányadosaként számítható. Az R2 és a C5 alkatelemek (ún. Boucherot-tag) szerepe a gerjedésgátlás.

Ügyeljünk rá, hogy a hangszóró mindkét ága „meleg", azaz nem csatlakozik az áramköri közös (a test) ponthoz!

Feszültségszabályozó TDA2010-zel

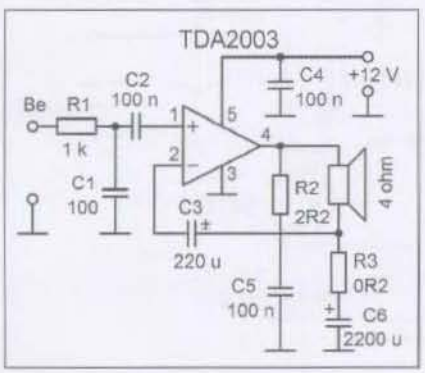
A népszerű TDA2010 (vagy TESLA-féle MDA2010) típusú, hangfrekvenciás végerősítő IC viszonylag szokatlan alkalmazását vázolja a **21. ábra**. A kapcsolás U_{ki} kimeneti feszültsége a potenciométerrel folyamatosan, jó közelítéssel a pozitív tápfeszültségtől a negatív tápfeszültségig változtatható. Így például egy kis modellvasúti mozdony sebességszabályozása és haladási irányváltása oldható meg.

A potenciométer és az ellenállások alapvetően az IC egyenáramú munkapontját állítják be. A kapcsolás feszültségerősítése e szokványos beállításban 1 + (68 kohm/33 kohm), azaz kb. háromszoros. A kondenzátorok szerepe a stabil, gerjedésmentes üzem biztosítása.

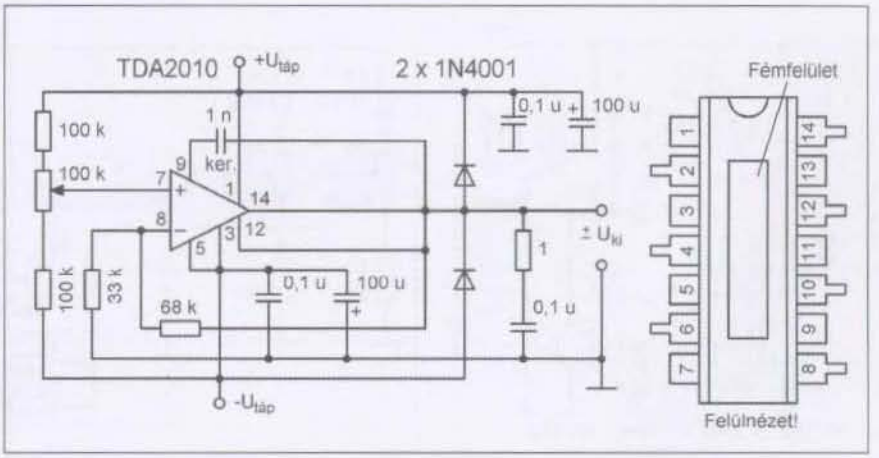
Hálózati zavarok – mesterségesen

A **22. ábra** szerint összehuzalozott 230 V-os villásdugasz, egymorzés tömblerkapcsoló és dugaszoló aljzat segítségével a hálózatból érkező villamos zavarokat imitálhatjuk. Így például egy hiradástechnikai készülék hálózati zavarok elleni védettségét – igaz, drasztikusan, de – tesztelhetjük.

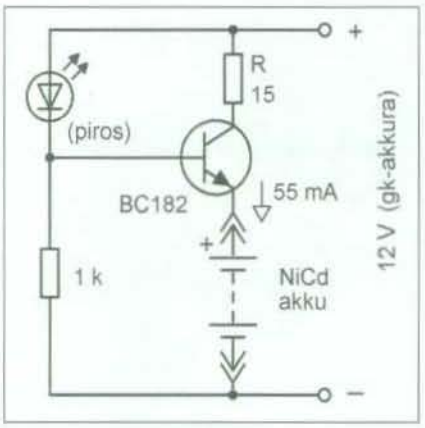
Az ábra alsó része a kimeneti fe-



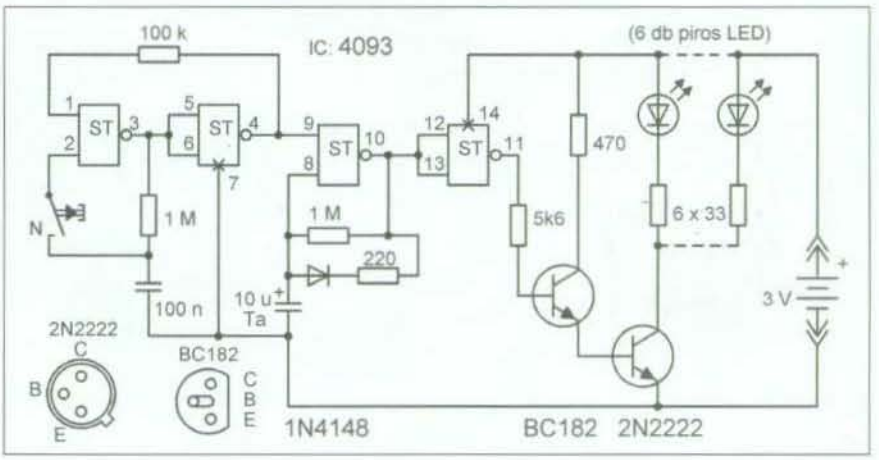
20. ábra



21. ábra



23. ábra



24. ábra

alakulását szemlélteti. A feltüntetett 2-2 ms alapvetően a kapcsoló jellemzőitől, átváltási időtartamától függ. A „testes" példányok hosszabb megszakítást eredményeznek, és persze jobban, tovább terhelhetők.

Nagyon egyszerű NiCd akkupakktöltő

Például kempingezés során előfordulhat, hogy egy kis elektronikus készülék akkumulátorát a gépkocsi akkunkról kell feltölteni. Egy erre a célra tervezett, 6...7,2 V-os akkupakkot 55 mA-s konstans árammal töltő kapcsolást szemléltet az **23. ábra**. Az Re emitterellenállás csökkentésével a töltőáram növelhető, de 100 mA fölött már nagyobb teljesítményű tranzisztort (pl. BC303, BD140 stb.) kell beépíteni!

Eblokátor

A **24. ábrán** látható, kis méretben elkészíthető, de nagy fényerejű LED-es villogót a kutyánk nyakörvére erősíthetjük. Így például egy éjszakai erdei túrán könnyen nyomon követhetjük kedvencünk mozgását.

Az áramkör vezérlőegysége egy 4093 típusú Schmitt-trigger négyes. Ennek első két kapuja egy különleges kapcsolású bistabil, amelynek állapotváltozását az N nyomógombbal idézhetjük elő. A nyomógomb első megnyomására az áramkör bebillen és kimenete H szintre ugrik, a következő gombnyomásra visszabillen; a kimenet L szintű lesz, és így tovább. Az érdekes bistabil pergésmentesíti is a nyomógombot.

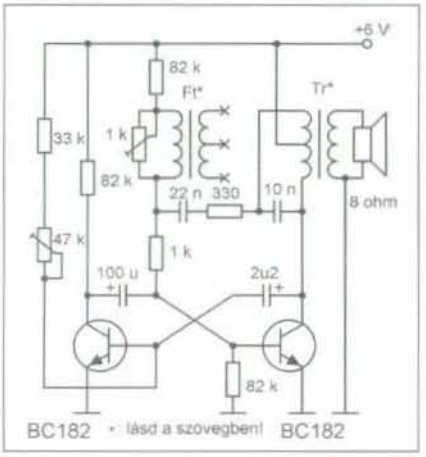
A bistabil kimenetének H állapota engedélyezi a harmadik kapun alapuló négyszöggenerátort. Ez a diódát is tartalmazó visszacsatoló hálózatának köszönhetően erősen aszimmetrikus négyszögjellel, azaz keskeny negatív impulzusokkal vezérli a negyedik, jelformáló kaput.

Utóbbi vezérli telítésbe a darlington tranzisztoros meghajtó áramkört, ami 6 db, az ábra szerinti áramkorlátozó ellenállással ellátott, párhuzamosan kapcsolt LED-et villogtat. (Ezek célszerűen extrafényű piros LED-ek, amelyek úgy helyezendők el, hogy a villogó fény minden irányból látható legyen. Javasolt például egy vízszintes, kör alakú nyákon, 60 fokos egyenletes szögelosztásban, sugárirányban felszerelni azokat.) Az áramkör tápellátását két darab UM4 (AAA) alkáli cella biztosíthatja.

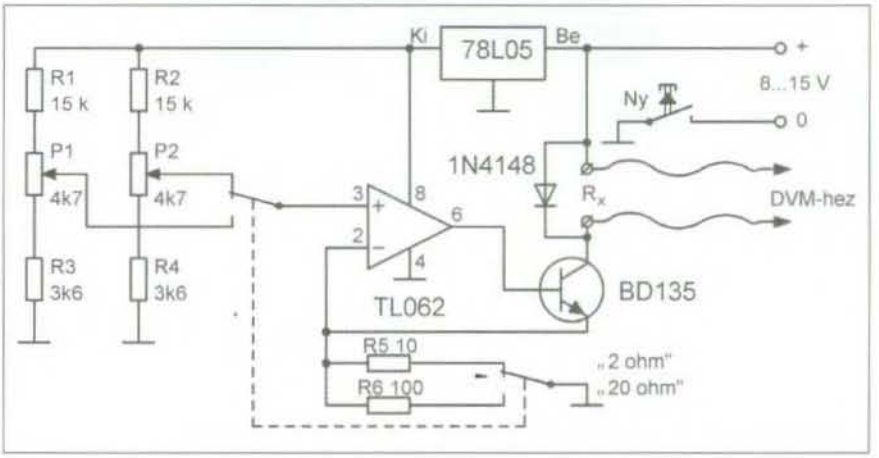
Madárcsicsergés-imitátor

A modern, nem ritkán PC + hangkártyával és a rendszert életrekeltő bonyolult programokkal működő szintetizátorok korában hihetetlen, hogy milyen primitív áramkörökkel (is) lehetséges meglepően összetett hangeffektusokat kelteni. Kitűnően illusztrálja ezt a **25. ábra** kapcsolása, amellyel a trimmerek beállításától függően a legkülönfélébb madárhangok generálhatók a füttytől a csicsergésen át az egyszerű csipogásig.

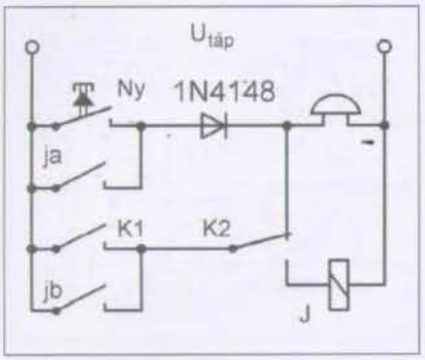
Habár a kapcsolás látszólag tényleg nagyon egyszerű, a működési elve



25. ábra



26. ábra



27. ábra

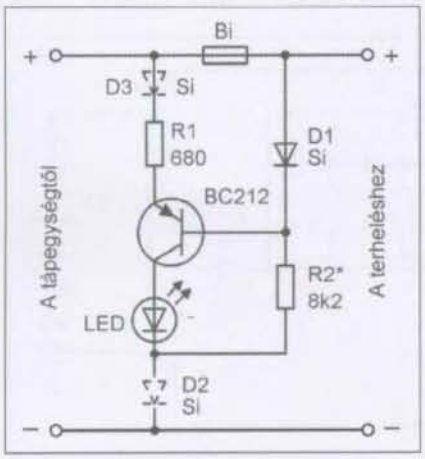
annyira bonyolult, hogy itt nincs mód a részletezésére, ehelyett néhány tanácsot adunk a megépítéshez. Az Ft fojtó egy régi zsebrádió fázisfordító trafójának a primer tekercse, a Tr pedig ugyanannak a rádiónak a kimenőtrafója. Ezek után logikus, hogy az áramkört legegyszerűbb a rádió dobozába beépíteni, felhasználva annak hangszóróját.

Ellenállásmérő adapter DVM-hez

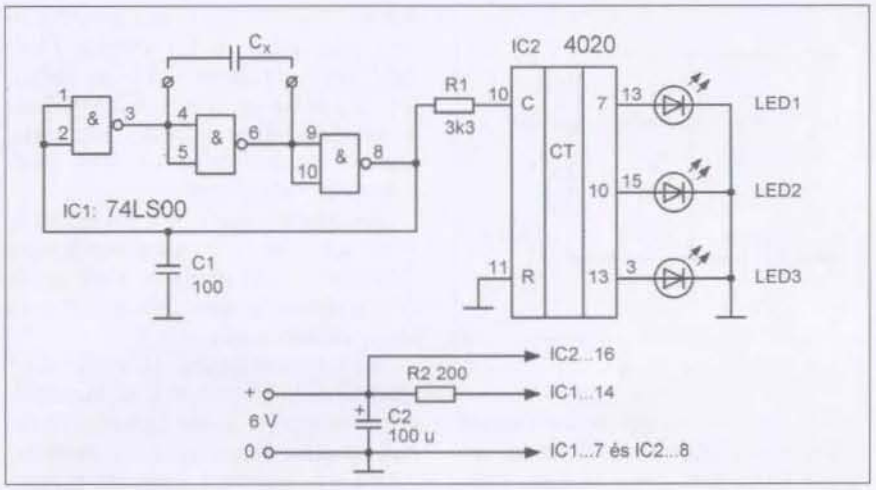
A gyakorlatban elterjedt mérőműszerekkel a néhányszáz ohm alatti értékű ellenállások mérése általában nehézkes, ill. pontatlan. Ugyanakkor, ha egy digitális voltmérőhöz elkészítjük a **26. ábrán** vázolt adaptert, azzal jó pontossággal, 2 ohm és 20 ohm méréshatárban mérhetünk ellenállásokat.

Az adapter lényege: egy konstansáram-generátor, amelynek áramát a mérendő Rx ellenálláson átvezetjük, s az így létrejövő feszültségesést mérjük. A váltókapcsoló felső állásában a méróáram 100 mA, az alsóban pedig 10 mA. A DVM-et 200 mV-os méréstartományra kapcsoljuk.

A kalibrálás P1-gyel, ill. a P2-vel történik. Ekkor vagy egy laboratóri-



29. ábra



28. ábra

umi műszerrel mérjük a 100 mA-t, ill. a 10 mA-t, vagy az Rx kapcsokra etalonellenállást kötve, a DVM-et figyelve állítjuk be a pontos értéket.

A DVM vezetékei közvetlenül az Rx kapcsokra csatlakozzanak.

Kapucsengő és ajtónyitás jelző

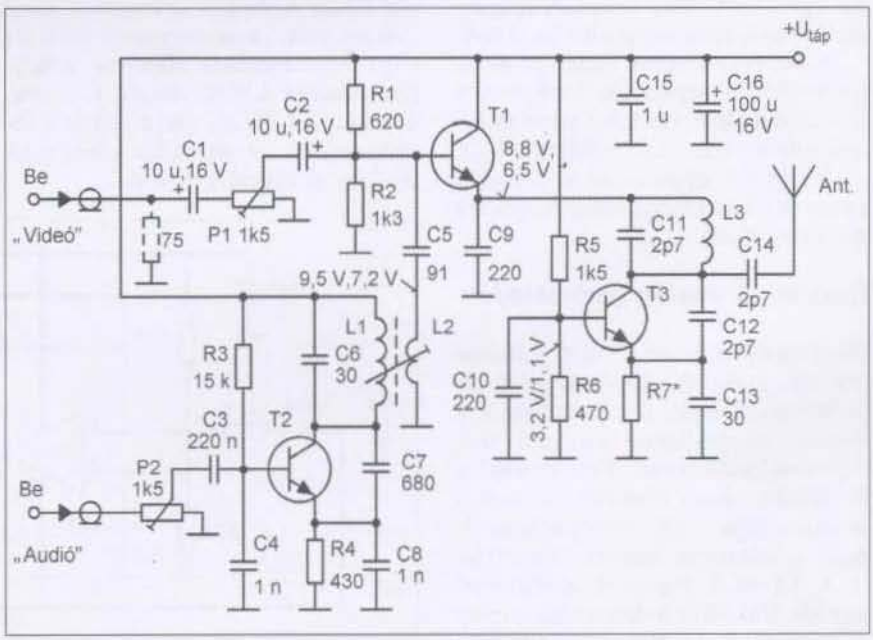
Őrzött objektumok, épületek kapus szolgálata számára készült a **27. ábrán** szemléltetett jelzőáramkör.

Napközben a K2 váltókapcsoló a felső helyzetében áll. Az érkező személyek a belépési szándékukat az NY nyomógombbal jelezhetik. A K1 az ajtó nyitásakor zár, így a csengő szintén megszólal.

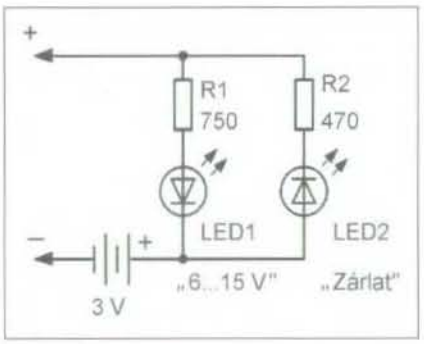
Éjszakára, ill. munkaidőn kívül a K2-t az alsó helyzetébe váltja át a személyzet. Az Ny szerepe változatlan marad, de az ajtó nyitásakor J jelfogó meghúz, jb érintkezője segítségével tartva marad, s a csengő folyamatosan szól (ja). A kikapcsolása a K2 átváltásával lehetséges.

Elkó vizsgáló

Mikrofarád nagyságrendi értékű kondenzátorok „jó – nem jó" típusú ellenőrzését teszi lehetővé a **28. ábra** áramköre. Ha a már beültetett kondenzátorokkal kb. 100 ohmnál nagyobb „környezeti" impedancia kapcsolódik párhuzamosan, akkor a vizsgálat érdekében a kondenzátorokat ki sem kell forrasztani a panelból.



30. ábra



31. ábra

IC1 egy négyszöggenerátor; ennek frekvencia-meghatározó eleme az ellenőrzendő kondenzátor. IC2 egy frekvenciaosztó.

Cx kb. 100 uF esetén a LED1 kb. 1 Hz frekvenciával villog, 10 uF esetén LED2, 1 uF esetén pedig LED3 villog kb. hasonlóan. Az egyéb értékű kapacitásokra a LED-ek villogási frekvenciája alapján lehet következtetni.

Biztosító kiolvadás-indikátor

Tápegységek kimeneti oldalán, a szokványos olvadóbiztosító kiégését, ill. megszakadását indikálhatjuk a **29. ábra** szerint felépített áramkörrel. A feltüntetett ellenállásértékek 9 V-os névleges tápfeszültségre vonatkoznak.

Nyugalmi helyzetben, azaz ép olvadóbiztosító esetén a D1 diódán eső feszültség még kevés a tranzisztor nyitásához; a dióda úgymond söntöli a tranzisztort EB-körét. A tranzisztor zár, így a LED sötét marad. A kapcsolás áramfelvétele legfeljebb kb. 2 mA.

A biztosító kiégése esetén az említett söntható megszűnik, a tranzisztor bázisáramot kap, így tehát vezet és a – célszerűen piros – LED világít.

D2 és D3 beépítésével az áramkör váltakozó feszültségű tápegységekhez is alkalmazható.

Drótnélküli analóg „videoátadó"

Hagyományos analóg videó jelforrások (pl. kamerák) kimeneti jelét rádióhullámok útján is eljuttathatjuk a felvétel megtekintését szolgáló analóg tévé-készülékhez. Erre szolgál a **30. ábrán** vázolt áramkör, amelynek hatótávolsága – 15 ... 25 cm hosszúságú „adóantenna" esetén – kb. 50 m.

A T3 és a környező alkatelemei egy kb. 500 MHz frekvenciájú, piciny teljesítményű rezgéskeltőt alkotnak. Ennek jelét a T1 segítségével, a bemeneti videojel ütemében amplitúdóban moduláljuk. A C5 útján a T1-re csatlakozik továbbá a T2-vel felépített 5,5 MHz-es (vagy 6,5 MHZ-es) hangsegédvivő-oszcillátor kimenete, amelyet az audiobemenet felől, frekvenciában modulálunk.

Az ábrán jelzett feszültségadatok közül a felsők 12 V-os tápfeszültségre (ekkor R7* = 39 ohm), az alsók pedig 9 V-os tápfeszültségre (ekkor R7* = 18 ohm) vonatkoznak.

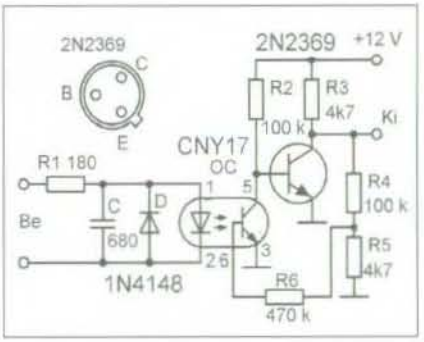
Az L1 menetszáma 18 a reá tekercselt L2-é 7, 0,2 mm-es CuZ huzalból; mindezt egy kb. 3 mm átmérőjű ferritrúd darakára készítjük. L3 4 menetes, 0,8 mm-es huzalból, önhordó kivitelben, 4 mm-es átmérőre.

A T1 és T2 pozíciójában BF173 vagy BF199, de a BC-, vagy a BF-típussorozatú tranzisztorok szinte tetszőleges npn-tagja is alkalmazható. T3 típusa pl. 2N5109, 2N3553, 2N3866, BFW16, BFY70, MM8009 lehet (lásd a HAM-bazár kínálatát), amit célszerű egy kis hűtőcsillaggal is ellátni.

Feszültség- és szakadásjelző

Különösen gépjárművek elektromos hálózatában történő vizsgálódásokhoz használható a **31. ábra** áramköre. Mindössze a két mérőzsinór csatlakoztatásával, bárminemű átkapcsolás nélkül indikálhatunk 6 V és 15 V közötti feszültségeket, ill. vezetékezés, izzók, olvadó biztosítók folytonosságát.

A bemeneten jelzett polaritással csatlakoztatott egyenfeszültség esetén LED1 világít, s a beépített telep „csepptöltést" kap. Bemeneti rövidzár vagy kisellenállású alkatrész csatlakoztatásakor LED2 világít. Kis gyakorlattal a LED-ek fényerejéből a feszültség, ill. az ellenállás körülbelüli értékére is következtethetünk.



32. ábra

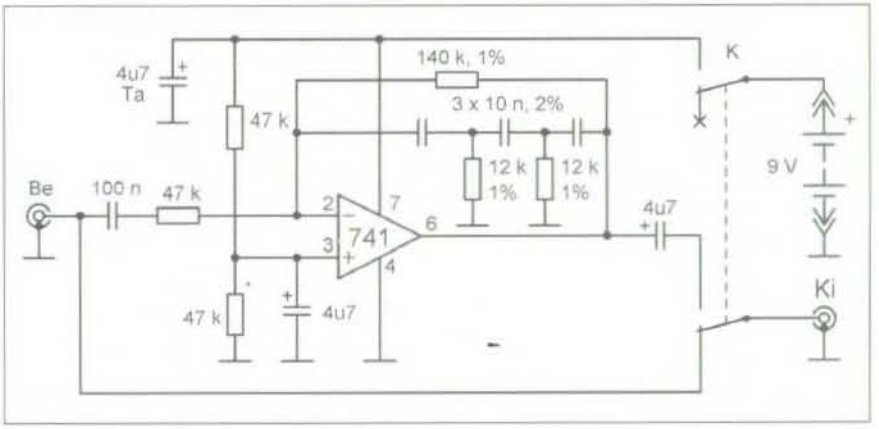
Optocsatolt adatátvitel

Egy nagy megbízhatóságú ipari vezérlőrendszerben találtuk a **32. ábra** szerinti portillesztő áramkört, amely a PC-ről jövő portvonalat illeszti egy CMOS jellegű IC bemenetéhez. A cél első sorban a PC és a vezérelt rendszer galvanikus elválasztása úgy, hogy közben az áramkör kimenetén megfelelő meredekségű vezérlő impulzusok jelenjenek meg, függetlenül a bemeneti impulzus „gyengeségétől". (A számítógép egyik Centronics kimeneti vonala hosszú, illesztetlen vezetéken át hajtotta meg az optocsatolót.)

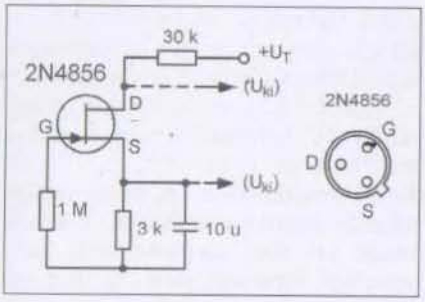
A zavaró tranzienseket, visszaverődéseket az optocsatoló IR LED-jének körébe kötött dióda és kondenzátor nyomja el. Hogy a kimeneti jel kellő meredekségű legyen, az optocsatoló fototranzisztora által meghajtott gyorskapcsoló tranzisztort egy, a fototranzisztor bázisára visszaható pozitív visszacsatoló körbe vonták be. Azért, hogy az R6 visszacsatoló ellenállás ne legyen túlságosan nagy értékű, a kimeneti jelet az R4, R5 osztó leosztja.

CW-szűrő

A **33. ábrán** látható érdekes szűrő-



33. ábra



34. ábra

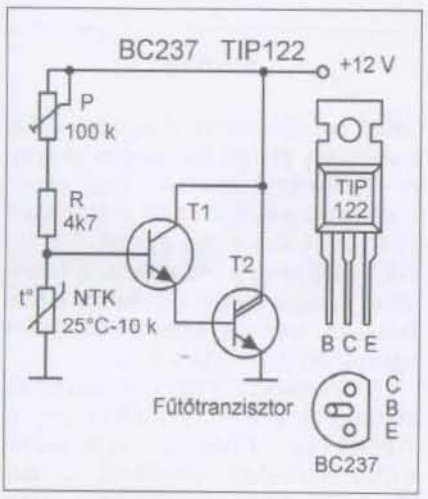
kapcsolást eredetileg egyszerű, pl. szinkrodin rendszerű amatőr sávvevőkhöz tervezték, de sok más célra is alkalmazható. A keskeny sávú szűrő sávközép-frekvenciája 800 Hz; ezt a visszacsatoló körbe iktatott különleges kialakítású RC hálózat állítja be.

A szűrőt eredetileg a vevő fejhallgató-kimenete és a fejhallgató közé iktatták be. Ha a K kapcsoló az ábrázolt állású, akkor a szűrőt egyszerűen kiiktatja, a táplálására szolgáló 9 V-os telepet pedig lekapcsolja a IC-ről.

Lineáris hőfokszenzor jFET-tel

A **34. ábra** szerinti áramgenerátor-kapcsolásban az n-csatornás jFET csatornaellenállása ($r_{DSS(on)}$) nagyon jó közelítéssel egyenesen arányos a csiphőmérséklettel. Ha U_{DS} = 0,1 V, $U_{GS(off)}$ = –1,5 V, akkor –20 °C-on $R_{DS(on)}$ = 60 ohm; +150 C°-on pedig 650 ohm. Megjegyezzük, hogy egy p-csatornás jFET hőfokténye zője ugyanebben a kapcsolásban, persze fordított polaritású tápfeszültséggel(!), nagyobb. Minden, a megadott típustól eltérő típusú jFET esetén a karakterisztikát méréssel kell felvenni!

A hőmérséklettel jó közelítéssel arányos feszültség akár a jFET source-, akár drainpontjáról levehető. A környezeti hőmérséklet általában –40 C° ... +150 C° lehet; a +U_T tápfeszültséget az 5 ... 15 V-os tartományban választhatjuk meg. Ha a mérőjelet a drainról vezetjük el, akkor csak stabilizált tápfeszültség jöhet szóba!



35. ábra

Egyszerű hőfokszabályozó

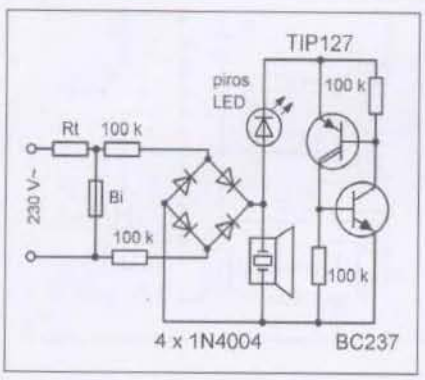
A kisméretű alkatrészek (kvarckristály, nyomásszenzor, VFO rezgőkör stb.) hőmérsékletének stabilizálására szolgáló egyszerű elektronikus kapcsolást mutat a **35. ábra**. Az eszköz fűtését maga a TIP122 (vagy hasonló) Darlington-tranzisztor végzi, amely egy újabb darlingtont alkot a szóló BC237 (vagy pl. BC182, ill. hasonló) tranzisztorral. A Darlington-kettős bázisfeszültségét a fűtött eszközzel szintén jó termikus kapcsolatban álló termisztorból és az R-P tagból álló hőmérsékletfüggő feszültségosztó állítja be.

Ha az eszköz hőmérséklete alacsonyabb a kívántnál, akkor a termisztort (NTK) ellenállása megnő, azaz a Darlington-kettőst nagyobb áramú munkapontba kényszeríti. Magasabb hőmérséklet esetén viszont a kollektoráram lecsökken. A hőfokstabilitás kb. 0,1 C° akkor, ha a környezeti hőmérséklet változása 10 C°.

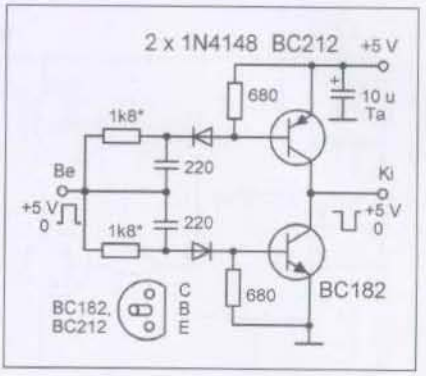
Mivel a Darlington-kettőst munkaellenállás nélkül üzemel, a potenciométer beállításánál legyünk óvatosak! Szükség esetén a tápfeszültség csökkentendő, illetve áramhatárolt tápegységről vagy egy soros ellenálláson keresztül kell a szabályozót üzemeltetni.

Biztosítókiégés-indikátor

A **36. ábrán** a 230 V-os hálózatról üzemelő Rt fogyasztó áramkörében lévő Bi biztosító kiégését hang- és fényjelzéssel indikáló áramkört mutatunk be. Amíg a biztosító ép, addig annak kapcsain olyan alacsony feszültség mérhető, amelyről az indikátor nem működhet. Ha azonban a biztosító kiég, akkor gyakorlatilag a teljes hálózati feszültség a jelzőáramkörre kerül. A két 100 kohmos ellenállás szerepe az áramkorlátozás.



36. ábra



37. ábra

Ekkor a Graetz-híd egyenfeszültségű átlóján 100 Hz-el lüktető egyenfeszültség jelenik meg. Ez feltölti a kondenzátornak is tekinthető piezozümmert. Amint a zümmer feszültsége eléri a dinisztort szimuláló tranzisztoros műkapcsolás „letörési feszültségét", az a LED-en keresztül kisüti a „kondenzátort" és a folyamat kezdődik elölről. A végeredmény: kattogás és villogás.

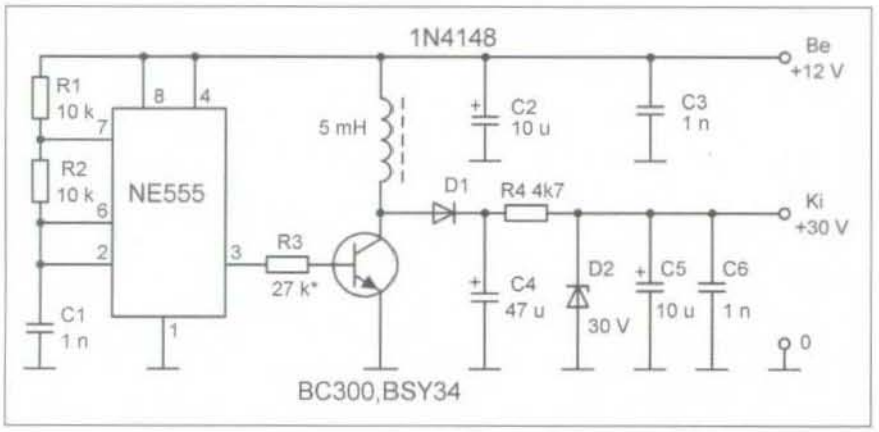
Ha csak a villogásra, mint jelzésre tartunk igényt, akkor a piezohangszóró egy 20 nF ... 470 nF közötti kondenzátorral helyettesíthető.

Nagyáramú kimenet CMOS-hoz

Egy normál, 5 V-os rendszerben üzemelő CMOS logikai áramkör kimeneti terhelhetőségét növeli 50 (max. 100) mA-re a **37. ábrán** bemutatott ellenütemű buffer. A bemeneti ellenállások, ill. kondenzátorok egy-egy integráló tagot alkotnak. A feltüntetett értékek mellett a buffer bemeneti árama kb. 2 mA, a késleltetési ideje mintegy 300 ... 400 ns. 10 V-os tápfeszültség mellett 4,3 kohm – 82 pF építendő be, hasonló bemeneti áram és késleltetés eléréséhez.

12/30 V-os feszültségátalakító

A telepes, ill. akkumulátoros készülékek tápfeszültsége általában nem nagyobb 12 V-nál. Ugyanakkor pl. a kapacitásdiódák kb. 25...28 V, egyes display-megoldások pedig kb. 30 V tápfeszültséget igényelnek. A **38. ábra**



38. ábra

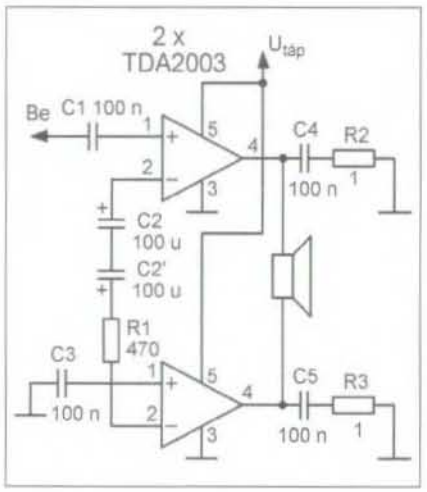
áramköre – néhány milliamperes terhelésig – úgymond a „különbözetet" szolgáltatja.

Az IC a jól ismert önrezgő kapcsolásban üzemel; az ábrázolt C1 esetén a frekvenciája kb. 40 kHz. Ez a négyszögjel vezérli a kapcsolótranzisztort, mely utóbbi a tekercs áramát szaggatja. A tekercsen így számunkra hasznos feszültséglökések keletkeznek, ezeket D1 egyenirányítja, C4 simítja (szűri), valamint az R4-D2 páros stabilizálja. Az említett feszültséglökésekkel sorosan kapcsolódik maga a bemeneti tápfeszültség is, s ez némi hatásfokjavulást eredményez.

Mivel a tekercsen egyenáram is folyik, ezért az átalakítóhoz légréses, praktikusan fazékvasmagot alkalmazunk.

A TDA2003 hídkapcsolásban

A TDA2003 típusú hangfrekvenciás végerősítő IC egyszerű alapkapcsolását a korábbiakban már bemutattuk. Az orosz *RAGYIO* c. lapban az IC némileg szokatlan hídkapcsolási megoldásával találkoztunk; és ezt a **39. ábrán** szemléltetjük. (Megemlítjük, hogy a hídkapcsolások alapelveivel az skk-rovat régebbi közleményeiben foglalkoztunk.)



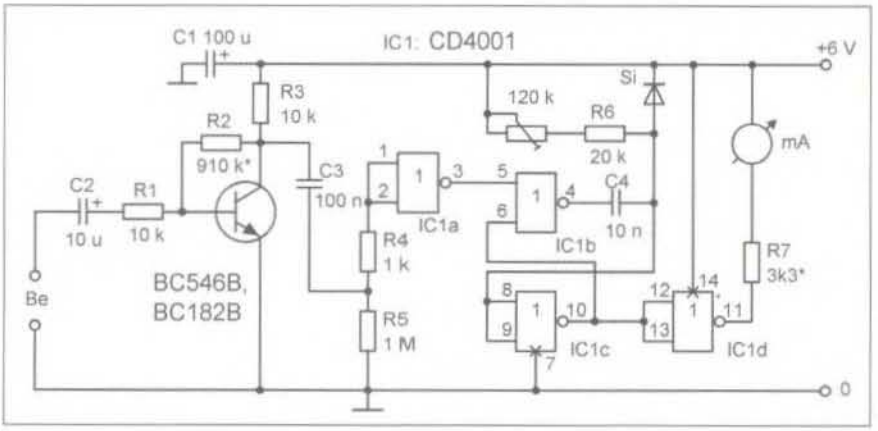
39. ábra

Analóg frekvenciamérő

Egyszerű felépítésű, de hasznos frekvenciamérő kapcsolása látható a **40. ábrán**. A bemenetre vezetett legalább 100 mV-os, legfeljebb 1 kHz-es jel a Deprez-műszeren a jel frekvenciájával arányos kitérést eredményez.

ICb és ICc monovibrátort alkot, amelynek bemeneti (indító) jele a tranzisztorral felerősített és ICa-val formált mérendő jel. A monovibrátor állandó impulzusszélességű, s a mérendő jel által meghatározott frekvenciájú kimeneti jelét az ICd-vel megvalósított leválasztófokozaton keresztül vezetjük az 1 mA-es Deprez-műszerre.

A készülék kalibrálása érdekében a bemenetére 1 kHz frekvenciájú, kb. 1 V feszültségű jelet vezetünk, s a trimmer-potenciométerrel a műszert végkitérésre állítjuk.

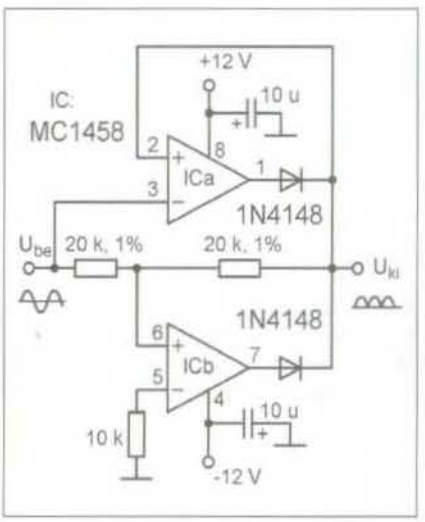


40. ábra

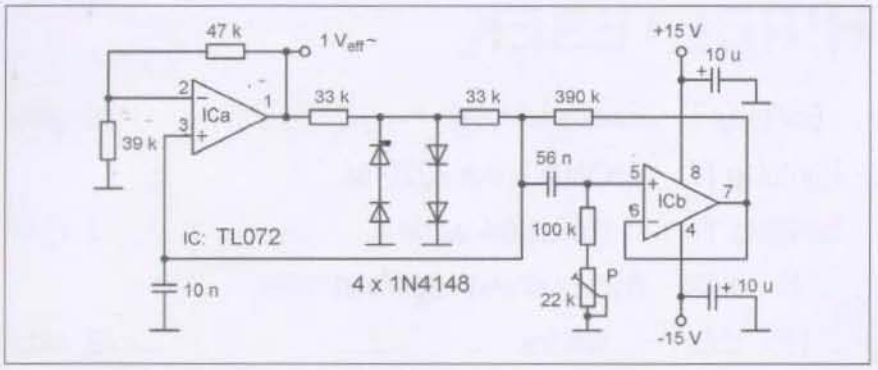
Szuperprecíz kétoldalas mérőegyenirányító

A szokásos, műveleti erősítőből és a negatív visszacsatoló ágában elhelyezett diódás hálózatból álló mérőegyenirányítók egyik közös hibája az, hogy egy szokványos, olcsó műveleti erősítő esetén a nyugalmi kimenőszint driftje túlságosan magas. A **41. ábrán** bemutatott (egy neves ipari műszergyártó egyik műszeréből „ellesett") kapcsolás egyszerű trükkel kerüli meg a problémát: a kétoldalas egyenirányító két darab, ellenfázisban vezérelt bemenetű egyutas egyenirányítóból építi fel.

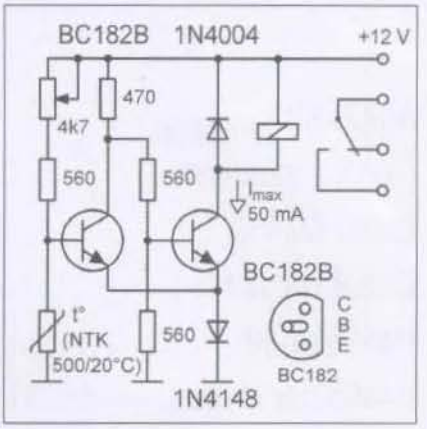
A kapcsolás nagyjelű üzemben mintegy 1 kHz-ig 1% alatti amplitúdóhibával dolgozik. Szélessávú, kettős műveleti erősítővel a felső frekvenciahatár jócskán kiterjeszthető.



41. ábra



42. ábra



43. ábra

Tekercs nélküli LC-oszcillátor

Egy jól méretezett LC-oszcillátorral igen kis torzítású szinuszjel állítható elő. Sajnos azonban alacsony frekvenciákon nem lehet az ehhez szükséges nagy jóságú és nagy stabilitású tekercset gazdaságosan elkészíteni.

A **42. ábra** szerinti 1 kHz-es szinuszgenerátornál a tekercset girátorral, azaz induktivitást szimuláló műveleti erősítős műkapcsolással (ICb), helyettesítették. Ezen „tekercset" tartalmazó, nagy jóságú sávszűrőt az ICa pozitív visszacsatoló hálózatába iktatva, a feltüntetett alkatrész értékekkel az oszcillátor kb. 1 kHz-n rezeg. A frekvencia a P trimmerrel beállítható.

Az amplitúdó stabilizálásáról a négy diódából álló vágókapcsolás gondoskodik.

Kétpontos hőmérsékletszabályozó

A **43. ábra** kapcsolási rajzán egy különleges, a közös emitterellenállást diódával helyettesítő Schmitt-triggeren alapuló termisztoros hőfokszabályozó látható.

Az emitterköri dióda nonlinearitásának köszönhetően az egyszerű kapcsolás hiszterézise a szobahőmérsékleten 1 C° körüli, annak ellenére, hogy a két tranzisztor kollektorellenállása esetleg nagymértékben különbözik egymástól. (A bal oldali tranzisztor kollektorköri munkaellenállását ui. nem célszerű a relé tekercs-ellenállásával azonosra csökkenteni, mert ez alaposan megnövelné az áramkör nyugalmi áramfelvételét.)

A potenciométerrel beállítható a kívánt átkapcsolási hőmérséklet. A hőfokhatárok a potenciométer, illetve a termisztor cseréjével megváltoztathatók.

Kontel Kft.
Nyitvatartás:
H-Cs: 8–16
P: 8-14
Elektronikai Alkatrész Nagy- és Kiskereskedés
Ellenállások, Kondenzátorok, IC-k, Akkumulátorok, Csatlakozók, Kijelzők,
Tranzisztorok, Diódák, Elemek, Led-ek stb. nagy választékban
1043 Budapest, Munkásotthon u. 33-39.
Telefon: +36-1 370-3709, Fax: +36-1 370-3709, Email: info@kontel.hu, kontel@t-online.hu
Webáruház: www.kontel.hu

MX-25 404 In-circuit SMD R-C-D mérő 3 ¾ digites kijelzés
csak bruttó 6.990 Ft
R-mérés 40 Mohm-ig
C-mérés 200 mikroF-ig
D-mérés kapocsfesz. kijelzéssel
Relatívérték-mérés aut. tápfesz. kikapcsolás
Kapható: HAM-bazár Budapest XIII., Dagály u. 11. I. em. H-P. 09-14 ó, Cs. 09-17 ó. Utánvéttel is megrendelhető, postaköltséggel: hambazar@radiovilag.hu 1550 Bp., Pf. 123 (+36 1) 239-4932/36 m., 239-4933/36 m.

»AKCIÓ 223«
évkönyvrendelés
Rendelje meg a 2021-es
RÁDIÓTECHNIKA ÉVKÖNYV-et!
(szállítása 2020 novemberben)
Ajánlatunk
– rendelésre / befizetésre –
2020. június 30-ig érvényes!
4950 Ft helyett csak 3900 Ft-ért!
(plusz postaköltség)
Rendelek:.....db-ot
Név:.....
Cím:.....
Az OLVASHATÓAN kitöltött megrendelés beérkezte után küldjük a csekket.
Címünk: 1550 Budapest, Pf. 123.
Akciós megrendelést csak ezen eredeti szelvényen fogadunk el!

HIRDETÉSEK

ANICO Kft. . . . . Borítólap I.
Digitális műszerek . . . . 223., Borítólap IV.
ELMŰ-ÉMÁSZ . . . . . Borítólap III.
Global Focus Kft. . . . . 55. oldal
H&M trafo Kft. . . . . 175. oldal
HAM-bazár kínálata. . . . . 11., 59., 106., 134., 175., 209., 224. oldal
Hobby Elektronika Füzetek . . . . 119. oldal
INCOMP Kft. . . . . Borítólap I., 141. oldal
KONTEL Kft. . . . . Borítólap I., 223. oldal
Könyvek a HAM-bazárból . . . . 89., 107. oldal
LOMEX Kft. . . . . 149. oldal
Maus Electronics Kft. . . . 167., 209. oldal
PMR adó-vevő akció . . . . . Borítólap III.
Rádiós könyvek . . . . . 89. oldal
Rádiótechnika 2020-as előfizetési akció . . . . . 3. oldal
Rádiótechnika régi évkönyvek vására . . . . . 79. oldal
Rádiótechnika 2021-es évkönyv akció . . . . . 223. oldal
RET elektronika (Robtron El. Trade Kft.) . . . . Borítólap I.
Reményi István Rádióamatőr Alapítvány . . . . . 14., 106., 167. oldal
Rohde & Schwarz Budapesti Iroda . . . . Borítólap II., 32. oldal
TALI Bt. . . . . 175. oldal

Próbapanelek és hozzá való vezetékek – kezdőknek és haladóknak

csak 1490 Ft

Próbapanel kicsi

165 x 55 x 8,5 mm
bekötési pontok száma: 630
fővonal bek. pontok száma: 200

csak 2490 Ft

Próbapanel nagy

145 x 82 x 8,5 mm
bekötési pontok száma: 900
fővonal bek. pontok száma: 200

Próbapanel vezeték szett: 115 mm 55 db, 160 mm 10 db, 200 mm 5 db, 250 mm 5 db csak 1490 Ft

HAM-bazár Budapest XIII., Dagály u. 11. I. em. folyosóközép. Nyitva: H-P. 09–14 ó, Csüt.: 09–17 óra
Postán is elküldjük, a postaköltség felszámításával. 1550 Budapest, Pf. 123
(36 1) 239-4932/ 36 m., 239-4933/36 mell. hambazar@radiovilag.hu www.radiovilag.hu 5

»Az áramkörök is csak a jó tápot szeretik«

Fémházas, kapcsoló üzemű tápmodulok

(a fotók csak illusztrációk)

- stab. kimenet, rövidzár-, túlfesz.- és hőmegfutás elleni védelem
- 230 V / 12 V=, 5 A – 3.990 Ft
- 230 V / 12 V=, 12,5 A – 6.990 Ft
- 230 V / 12 V=, 21 A – 10.990 Ft
- 230 V / 12 V=, 30 A – 14.990 Ft

áramkör-fejlesztéshez, kísérletekhez

- laborokba -
- otthonra -
- iskolákba -

HP-305D labortáp 0...30 V / 5 A

- rövidzárvédett stabilizált tápegység
- digitális fesz-, áram kijelzés
- állítható áramlimit
- zajfeszültség <1 mV
- ventilátoros hűtés
- 127x258x155 mm, 4,3 kg

csak 29.990 Ft –

HAM-bazár Budapest XIII., Dagály u. 11. I. em. folyosóközép H-P. 09-14 óra, csüt. 09-17 óra
Rendeljen, postán is elküldjük, a postaköltség felszámításával! 1550 Budapest, Pf. 123
(06 1) 239-4932/36 239-4933/36 hambazar@radiovilag.hu www.radiovilag.hu 4

Digitális multiméterek

>Mastech< MS-8209

4 digites spec. DMM

Hangnyomásszintmérés:
35...100 dB
Megvilágításmérés:
4000 lx/40 000 lx
Páratartalommérés:
30%...95% RH
Hőmérsékletmérés:
20...+1000 °C

U-I DC:
0,4 V - 600 V; 40 mA - 10 A
U-I AC:
4 V - 600 V; 40 mA - 10 A
R: 400 ohm - 40 Mohm
C: 4 nF - 200 µF
f: 200 kHz

kitöltési tényező mérés
relativ mérés
aut. méréshatárváltás stb.

hordtáska
mérőzsinór
K-típ. hőmérőszonda

csak bruttó
17.990 Ft

MX-25 201

3.1/2 digites kijelzés

DC: 1000 V,
20 A
AC: 750 V,
20 A
R: 20 MΩ
C: 200 µF
T: –40...
+1000 °C

dióda-,
tranzisztor-
teszt,

szakadás-
vizsgálat

mérőzsinór,
hőmérőfej,
műanyag
védőpapucs

csak bruttó
7.990 Ft

MX-25 303

3 3/4 digites kijelzés

automatikus
méréshatár-
váltás

DC: 1000 V,
10 A
AC: 750 V,
10 A
R: 40 MΩ
C: 100 µF
f: 10 MHz
T: –40...
+1000 °C

dióda-,
tranzisztor-
teszt,
szakadás-
vizsgálat

mérőzsinór,
hőmérőfej
+250 °C-ig,
műanyag
védőpapucs

csak bruttó
8.990 Ft

Kaphatók a szerkesztőség HAM-bazárjában: **Budapest XIII., Dagály u.11. I. em.**, H-P: 9-14, Cs. 9-17 ó.
Utánvéttel is megrendelhetők, a postai és csomagolási költségek felszámításával.
Postacím: 1374 Budapest, Pf. 603. Tel./fax: 239-4932, 239-4933.
E-mail: hambazar@radiovilag.hu www.radiovilag.hu

MX-25 304

3 1/2 digites kijelzés

DC: 1000 V,
20 A
AC: 750 V
20 A
R: 2000 MΩ
C: 200 µF
L: 20 H
f: 10 MHz
T: –40...
+1000 °C

dióda-,
tranzisztor-
teszt,
szakadás-
vizsgálat

mérőzsinór
és hőmérőfej
+250 °C-ig,
műanyag
védőpapucs

csak bruttó
12.990 Ft

LCR-mérők

DM-4070

200 µH ... 20 H,
200 pF ... 2000 µF,
20 ohm ... 20 Mohm

csak bruttó
15.990 Ft

HP-4070L

20 mH ... 20 H,
2 nF ... 200 µF,
20 ohm ... 2000 Mohm

csak bruttó
9.990 Ft

>HoldPeak< HP-870N

AC-DC univ. lakatfogó műszer

I DC: 0,1–1000 A
I AC: 0,1–1000 A
U DC: ...1000 V
U AC: ...750 V
R: 60 MΩ
C: 99,99 mF
f: 9,99 MHz
T: –20...+100 °C.

4 digit. kijelzés,
dióda- és
szak.vizsgálat;
impulzus-
kitöltés-mérés.,
aut. kikapcs.,
adattartás;
hordtáska
+ mérőzsinór,
+ hőmérőfej

csak bruttó
22.990 Ft

Tartozékok a multiméterekhez:
Tapintóhőmérő (K-típ.) MX-25 104, MX-25 201,
MX-25 303, MX-25 304 és MX-25 501-hez, á.: 1.490 Ft.